

# Ruiskuvaluasetusten tehostaminen

Case: Plastone Oy

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Prosessi- ja materiaalitekniikka  
Polymeeri- ja kuitutekniikka  
Opinnäytetyö  
Syksy 2017  
Janne Saarentaus

Lahden ammattikorkeakoulu  
Prosessi- ja materiaalitekniikka

SAARENTAUS, JANNE:

Ruiskuvaluasetusten tehostaminen  
Case: Plastone Oy

Polymeeri- ja kuitutekniikan opinnäytetyö, 61 sivua, 4 liitesivua

Syksy 2017

TIIVISTELMÄ

---

Opinnäytetyö käsittelee Plastone Oy:n Nurmijärven yksikön ruiskuvalutuotannon asetusten tehostamista. Työn tavoitteena oli tutkia nykytilan kartoituksen avulla mahdollisuuksia parantaa ruiskuvalukoneille tehtävien asetusten eli muotinvaihtojen ja niihin liittyvien tukitoimien tehokkuutta. Työhön kuului myös etsiä keinoja raaka-ainehukan vähentämiselle.

Plastone Oy on suomalainen yritys, jonka päätuotteita ovat terveydenhuollon, elektroniikan ja muun teollisuuden sovelluksien muovituotteet. Nurmijärven yksikön lisäksi yrityksellä on tehtaita Viron Haapsalussa ja Saussa. Plastone Oy on osa Saxo-konsernia

Opinnäytetyön teoreettisessa osuudessa käsitellään ruiskuvalutekniikan, tuotannon tehostamisen ja laadun työkaluja, perusteita ja lähtökohtia. Teorian tarkoitus on tukea toimia, joilla asetusajat lyhenevät, tuotannonvirtaus paranee ja visuaalinen johtaminen lisääntyy.

Toiminnallinen osuus aloitettiin analysoimalla projektin aloitusajankohdan aikaisen ruiskuvalutuotannon osaston tilannetta, epäkohtia ja tarpeita. Osuuteen kuului myös prosessikuvausten laatimien, kuten aikalaskelma ja asetusten aikana tehtyjen liikkeiden dokumentointi. Alkutilanteen kartoitus piti myös sisällään vierailun Sauen yksikössä. Saaduilla tiedoilla alettiin luoda ratkaisuja toiminnan tehostamiseksi. Projektin vaatinut suunnitteluvaihe saatiin vietyä loppuun ja toteutusvaihe osittain käynnistettyä. Muutoksien tulokset näkyvät vasta toteutusvaiheessa tehtyjen muutosten pitempiaikaisten mittausten jälkeen organisaatiossa, mikä ulottuu opinnäytetyön ulkopuolelle.

Asiasanat: 5S, asetus aika, ruiskuvalutekniikka, SMED, tuotannon tehostaminen

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in Process and Materials Technology

SAARENTAUS, JANNE:                      Improving the Efficiency of Injection  
   Molding Setups  
   Case: Plastone Ltd

Bachelor's Thesis in Polymer and Fiber Technology,  
61 pages, 4 pages of appendices

Autumn 2017

## ABSTRACT

---

This thesis deals with improving the efficiency of injection molding setups of Plastone Ltd, Nurmijärvi unit. The aim was to investigate the current state of the production to improve the efficiency of the setups for injection molding machines. Setups include the changes in the operation of the injection molds and the supportive operations for the change. The thesis also involved finding ways to reduce the waste of raw material.

Plastone Ltd is a Finnish company whose main products are plastic products for healthcare, electronics and other industrial applications. In addition to the Nurmijärvi unit, the company has factories in Haapsalu and Saue of Estonia. Plastone Ltd is part of the Saxo Group.

The theoretical part of this thesis deals with the basics of injection molding and the theory for production efficiency and quality. The purpose of the theory is to support actions that shorten the setup times, improve the production flow and increase the visual management.

The operational part started with analyzing the situation, disadvantages and needs of the injection molding unit at the start of the project. It included documentation of the process analysis, such as the time calculation and the movements made during the settings. The operational part also included a visit to Plastone OÜ Saue unit. The obtained information was used in creating solutions to improve the efficiency of the production. The design phase for the thesis was completed and the implementation phase was partially started. The results of the changes will be visible after long-term measurements of the changes made in the implementation and continuous improvement in the organization. The results of the improvements extend beyond the thesis.

Key words: 5S, setup time, injection molding technology, SMED, production streamlining

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
1.1	Opinnäytetyön tavoite	1
1.2	Yritysesittely	2
2	RUISKUVALUTEKNIikka	4
3	SMED	8
3.1	Syyt asetusajan lyhentämiselle	9
3.2	Isojen ja pienten tuotantoerien suhde	10
3.3	Järjestelmän perusvaiheet ja toteutus	13
3.3.1	Sisäisen asetuksen muuttaminen ulkoiseksi	14
3.3.2	Standardointi	14
3.3.3	Kiinnittimien parantelu	15
3.3.4	Välikiinnittimien käyttö	15
3.3.5	Samanaikaisten työtehtävien suorittaminen	16
3.3.6	Hienosäädön poisto	16
3.3.7	Mekanisointi	17
4	TUOTANNON VIRTaus JA RATIONALISOINTI	18
5	LAATU JA LAADUNVALVONTA	21
5.1	Raaka-aineiden laatu	21
5.2	Prosessin laadunhallinta ja validoinnin suunnittelu	22
6	NYKYTILAN KARTOITUS JA TYÖVAIHEET	25
6.1	Raaka-aineen kuivaaminen	26
6.2	Muotin huolto	27
6.3	Esivalmistelut	27
6.4	Muotin irrotus	28
6.5	Sylinterin kärkikappaleen vaihto ja muotin kiinnitys	29
6.6	Temperointilaitteen asennus	29
6.7	Ulostyöntäjän varren asennus ja etäisyyksien asetus	30
6.8	Prosessiparametrien asetus ja iskulukemien nollaus	31
6.9	Kuumakanavan lämmönsäätimen asennus	31
6.10	Ruuvien ja sylinterin puhdistus	31
6.11	Raaka-aineen ja värin kytkentä	32
6.12	Valukanavan poistaminen	32

6.13	Työkalujen hakeminen ja satunnaiset työvaiheet	33
6.14	Koeajot	33
6.15	Ajon aikana ja ajon päätteeksi tapahtuvat työvaiheet	34
6.16	Tarvittavat työkalut	34
7	ONGELMAT JA ANALYYSIT	36
7.1	Liikkuminen asetuksen aikana	36
7.2	Asetukseen kuluva aika	37
8	KEHITYSKOHDAT PROSESSIN TEHOSTAMISELLE	38
8.1	Työkalujärjestelmään liittyvät kehityskohdat	38
8.1.1	Kuumakanavamuottien suosiminen	39
8.1.2	Temperointikanavien ja vedenkierron tehostaminen	39
8.1.3	5S-metodiikan tarkempi noudattaminen	40
8.1.4	Muotinvaihdon automatisointi (OTED)	41
8.1.5	Muut kehityskohdat	41
8.2	Toiminnalliset kehityskohdat	42
8.2.1	Seurantajärjestelmät	42
8.2.2	Muottihuollolle ulkoistettavat työt	43
8.2.3	Värin vaihdon tehostaminen	44
8.2.4	Asetuksen toimintojen tehostamissuunnitelma	44
8.2.5	Asetusapulista	45
9	TOIMEENPANO	46
9.1	5S-järjestelmän käyttöönotto tuotantosolussa	46
9.2	Temperointiveden tyhjennyssäiliö	50
9.3	Muottihuollolle ulkoistettavat asetuksen työvaiheet	51
10	YHTEENVETO	52
	LÄHTEET	54
	LIITTEET	56

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyö käsittelee teoriaa ja toimenpiteitä ruiskuvaluprosessin asetusajojen lyhentämiseksi ja sen laadun parantamiseksi. Toimeksiantomuotoinen projekti on tehty Plastone Oy:n ruiskuvalutuotannon kehittämiseksi.

Asetusten mutkaton onnistuminen ja laadun ylläpitäminen ovat molemmat tärkeitä tekijöitä ruiskuvalutuotannon kannattavuudelle. Asetusajat voidaan jakaa kahteen osaan: Setup time ja Change-over time. Setup time tarkoittaa pelkästään koneella tapahtuvaa asetusajaa, ottamatta huomioon materiaalien siirtoja ja muita prosessissa tapahtuvia tukitoimia. Change-over time tarkoittaa muotin vaihtoon käytettyä kokonaisajaa, johon sisältyy tehtävät raaka-aineiden kuivauksesta koneelle aina tuotteiden toimittamiseen.

Opinnäytetyö alkaa teoriaosuudella, jossa esitellään ruiskuvalutekniikka valmistustekniikkana, syyt asetusajan lyhentämiselle, nopean muotinvaihdon teoria (SMED), tuotannon virtaus, sen rationalisointi ja laatuosio. Ensimmäinen teoriaosuuden vaihe tuotannontehostamisprojektille on nykytilan kartoitus, jossa esitellään yrityksen alkutilanne ja tutkimusongelmat. Toisessa vaiheessa todetaan kehityskohteet ja niiden vaikutus teoriassa. Kolmas vaihe pitää sisällään toimenpiteiden testauksen

### 1.1 Opinnäytetyön tavoite

Työn tavoitteena on muovituotteiden valmistukseen liittyvän muotinvaihdon tehostaminen, jotta pystytään kehittämään Plastone Oy:n ruiskuvalutuotantoa tuottavammaksi, laatuvarmemmaksi ja kannattavammaksi lyhyille sarjoille. Lisäksi projektin tavoitteena on raaka-ainehävikin vähentäminen. Rajoitteena on kuitenkin toistaiseksi mittavien investointien välttäminen. Parannuksia on mahdollista tehdä tässä tilanteessa muun muassa rationalisoinnilla eli järkevämällä järjestelyllä asetuksen vaatimiin työvaiheisiin. Työ tehdään yhteistyössä asettajien, käytönvalvojien ja valmistuspäällikön kanssa.

Työssä esitellään SMED-metodiikka (Single-digit Minute Exchange of Die). SMED on asetusajkojen tiivistämiseksi tarkoitettu työkalu, joka on täysin hyödynnettävissä oleva työkalu ruiskuvalutuotannon tehostamiseen. Asetuksella tarkoitetaan tässä projektissa muotin vaihtoa edellisen sarjan viimeisestä tuotteesta seuraavan sarjan ensimmäiseen onnistuneeseen ja normaalilla tuotantonopeudella valmistettuun tuotteeseen, joka kattaa laatukriteerit.

## 1.2 Yritysesittely

Plastone on vuonna 1980 perustettu muovialan yritys. Perustajilla oli noin kymmenen vuoden kokemus ruiskuvalu- ja muottialalta jo entuudestaan. Ensimmäinen Plastonen valmistama muotti tehtiin hammaslääkärien kupin tuotannolle. Tästä alkoi Plastonen laajentaminen myös omiin tuotteisiin. Vuonna 1986 tuotanto siirtyi omaan halliin konekannan kasvaessa ja tuotantotekniikan kehittyessä. Pian otettiin käyttöön myös CAD-suunnittelu (Computer-aided design). (Plastone Oy 2017.)

Plastone kuuluu suomalaiseen Saxo-konserniin, johon kuuluu myös yhteistyökumppani Mekalasi Oy. Yrityksen yksiköt sijaitsevat Suomessa Nurmijärvellä ja Virossa Sauessa sekä Haapsalussa. Plastonella työskentelee yhteensä noin 130 henkilöä. Liikevaihtoa vuonna 2016 oli noin 15 miljoonaa euroa. Plastonella on Nurmijärvellä ruiskuvalutuotannon yksikkö, jonka lisäksi sillä on oma muottivalmistusyksikkö. Tuotantokäytössä on yhteensä Suomessa ja Virossa noin 50 ruiskuvalukonetta. (Plastone Oy 2017.)

Yrityksen tuotteisiin kuuluvat terveydenhuolto-, sähkö-, elektroniikkatuotteet sekä muulle teollisuudelle suunnatut tuotteet. Ruiskuvalulla valmistettujen tuotteiden lisäksi Plastone tarjoaa palvelua muun muassa muottivalmistuksessa sekä erilaisissa kokoonpanotöissä. Plastonen laatu, ympäristö ja seuranta järjestelmät on kaikki sertifioitu ISO-standardien mukaan. Plastone Oy:n tuotanto kattaa myös terveydenhuollon laatustandardit, kuten puhdistilan vaatimukset sille

kuuluvassa tilassa. Lisäksi tuotteilla on myös MDD CE-hyväksyntä, joka tarkoittaa lääketieteelle tarkoitettujen laitteiden direktiiviä (Medical Devices Directive). Plastonella on tuotannossa käytössään lähes kaikki kestopuovilaadut. (Plastone Oy 2017.)



## 2 RUISKUVALUTEKNIikka

Ruiskuvalutekniikka on yleisin valmistusmenetelmä kestopuovituotteille, joka soveltuu myös muillekin muovityypeille. Valmistustekniikassa ruiskutetaan muottiin juoksevassa tilassa oleva muovimassa, jäähdytetään se kiinteäksi ja työnnetään ulos muotista. Prosessin etuna on sen toistettavuus ja laatu. Ruiskuvalutekniikka soveltuu erinomaisesti suurien valmistusmäärien valmistusmenetelmäksi, kun lopputuotteilta vaaditaan hyvää mittatarkkuutta ja moitteetonta pinnanlaatua.

Ruiskuvalutekniikka on kehittynyt kaikilla osa-alueilla ja kehittyy jatkuvasti. Materiaalien kokonaismäärä on kasvanut ja niiden ominaisuuksia on pystytty kehittämään paremmin ruiskuvalun prosessoitavaksi. Myös hajonta ominaisuuksissa on pienentynyt. Ruiskuvalukoneiden kehittyminen ohjauksessa, instrumentoinnissa ja toistettavuudessa ovat mahdollistaneet paremman laadun takaamisen ja hajonnan pienentämisen. (Järvelä, Syrjälä, Vastela 2000, 11.)

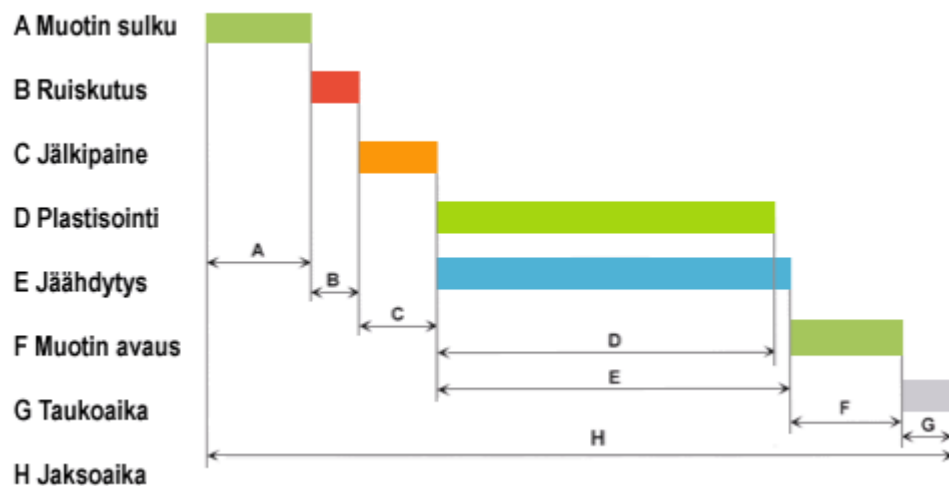
Ruiskuvalutekniikka on edelleen kehittyvä valmistustekniikka ja sillä on hyvät tulevaisuuden näkymät. Se on vielä tänäkin päivänä korvaamaton suurien sarjakokojen tuotannolle. (Järvelä ym. 2000, 11.)

Ruiskuvaluprosessin työkierto muodostuu ruiskuvalukoneen työvaiheista eli ruiskuvalujaksosta. Työvaiheet ovat muotin sulkeutuminen, plastisointi ja annostelu, muovin ruiskutus, jäähdytys, jälkipaine ja kappaleen ulostyöntö muotin aukeamisen jälkeen. Uusi jakso alkaa muotin sulkeuduttua uudestaan. Jokaisessa suoritettussa kierrossa muodostuu yksi tai useampi valmis muovituote. Muotin pesien määrä määrittää kappaleiden lukumäärän. Esimerkiksi lääketieteeseen sovellettavia pienkomponentteja voidaan valmistaa yli sata kappaletta yhden jakson aikana.

Prosessiparametrien hallinta on tärkeä osa-alue ruiskuvalutekniikassa, koska sen avulla pystytään vaikuttamaan ruiskuvalukappaleen pinnanlaatuun, muotoon ja niiden mekaanisiin ja kemiallisiin

ominaisuuksiin. Muotin ominaisuuksien vaikutus korostuu prosessissa, sillä se määrittää kappaleen muodon ja pinnanlaadun. Vääränlainen muotti pahimmillaan pilaa tuotteen. (Järvelä ym. 2000, 47.)

Ruiskuvalujakso voidaan esittää ajan funktiona kuvion 1 mukaisesti. Seuraavaksi esitellään jakson vaiheet tarkemmin.



KUVIO 1. Ruiskuvalujakson vaiheet (Järvelä ym. 2000, 47.)

Muotti sulkeutuu nopeusprofiloidusti siihen asti, kunnes se on täysin sulkeutunut. Sulkemisliikkeen aikana nopeus hidastuu kohti sulkeutumista ruiskuvalukoneen säätelemällä sulkunopeudella. Muotin sulkemisen varmistuspaineella varmistetaan ennen täydellistä sulkeutumista, etteivät mahdolliset väliin jääneet osat, ohjaustapit, insertit tai keernan vajaatoiminta vaurioita muottia. (Järvelä ym. 2000, 48.)

Muotin ollessa sulkeutunut ja ruiskutusyksikön suuttimen ollessa vasten muotin suutinta voidaan aloittaa muovin ruiskutus muottipesään. Ruiskutusnopeus on yleensä suuri ja aiheuttaa suuret voimat muottiin. Ruiskutusvaiheen profiloinnilla ja arvojen säädöillä voidaan vaikuttaa olennaisesti kappaleen ominaisuuksiin. Ruiskutus jättää noin viisi prosenttia kappaleesta täyttämättä. (Järvelä ym. 2000, 48)

Jälkipaine on ruiskutuksen jälkeen tapahtuva vaihe. Se tapahtuu kierukkaruuvien hitaalla, pyörimättömällä liikkeellä. Jälkipaine täyttää loppuosan kappaleesta, jonka ruiskutusvaihe on jättänyt täyttämättä. Jälkipaineen ideana on kompensoida muottikutistumaa, joka tapahtuu muovin jähmettymisen aikana. Tämä vaihe vaikuttaa merkittävästi tuotteen mittatarkkuuteen, sisäisiin jännityksiin ja kappaleen painoon. (Järvelä ym. 2000, 48.)

Plastisoinnissa ruiskuvalukoneen ruuvi plastisoi eli muovaa granulaatista uuden annoksen materiaalia sylinteriin. Ruuvi ja lämmitysvastukset yhteistyössä prosessoivat materiaalin ruiskutettavaan muotoon eli juoksevaan olotilaan. Optimaalinen plastisointiaika on lähes sama kuin jäähdytysjakson aika. Plastisointi voi kestää vähemmän, mutta se vaatii koneelta enemmän kapasiteettia suuren muovimassan tilavuuden plastisoimiseen nopeasti. (Järvelä ym. 2000, 48.)

Annostelun aikana syntyneet voimat muovisulasta aiheuttavat sen, että ruuvi työntyy taaksepäin. Vastapaineella materiaali saadaan tasalaatuiseksi ja sulaa massaa mahdollisimman paljon. Vastapaine synnyttää kitkaa, joka voi tuottaa jopa  $\frac{3}{4}$  plastisointiin tarvittavasta lämmöstä. (Kurri, Malén, Sandell, Virtanen 2000, 81.)

Varsinainen jäähdytysaika alkaa jälkipaineen päätyttyä ja kylmän muottipinnan kohtaaminen aiheuttaa muovimassan jäähtymisen. Koska ruiskutuslämpötilat ovat korkeita ja kappaleen lämpötila tulee laskea murto-osaan siitä, on jäähdytys usein iskun pisin vaihe. (Järvelä ym. 2000, 48.) Jäähtyminen on tärkeää saada tasaiseksi, jotta kappaleeseen ei synny imuja tai huokosia. Lukuiset tekijät vaikuttavat jäähdytykseen, kuten materiaali ja sen lämpösisältö sekä lämmönjohtavuus. Muita vaikuttajia ovat myös seinämän paksuus, ilmanpoistot, muotin lämpötila ja asetettu ulostyöntölämpötila. (Kurri ym. 2000, 80.)

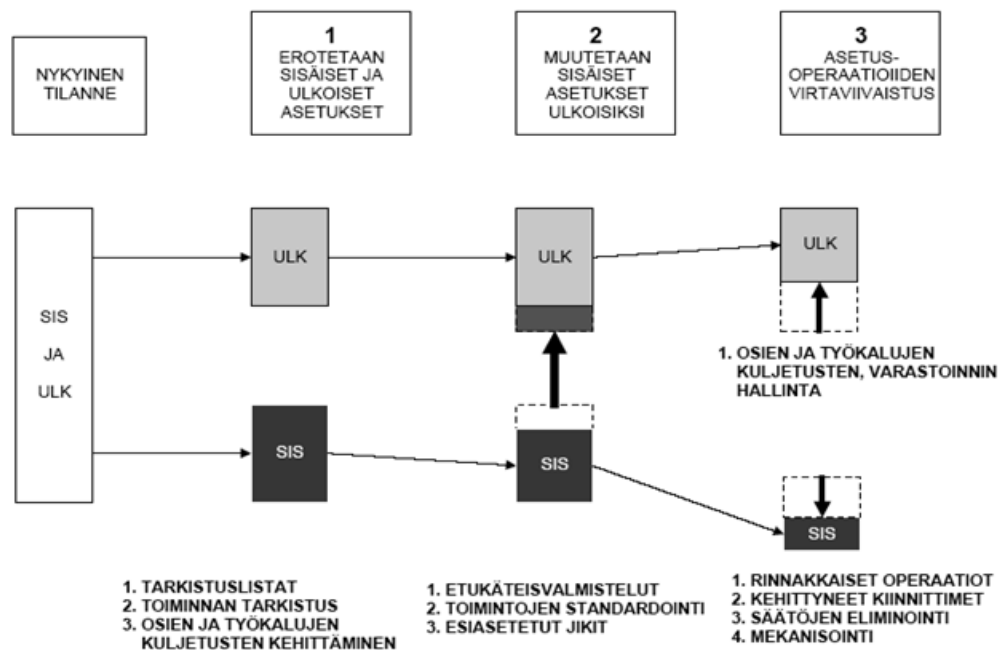
Muotti avataan, kun kappale on jäähtynyt tarpeeksi. Ulostyöntö tapahtuu jo avausliikkeen aikana tai sen pysähtyessä. Kappaleen ulostyönnön jälkeen alkaa uusi jakso, ellei väliin tarvita taukoaikaa. (Järvelä ym. 2000, 48.)

Mikäli kappale ei irtoa muotista ensimmäisellä ulostyönnöllä ja työntö joudutaan toistamaan, tarvitaan taukoaika. Taukoajan jälkeen alkaa uusi ruiskuvalujakso sulkemalla muotti. (Järvelä ym. 2000, 48.) Taukoaika varmistaa, että edellinen tuote päätyy kuljetushihnalle tai laatikkoon eikä jää muottipuoliskoja väliin ja että manipulaattori saa tarvittaessa hukkamateriaalin (valukanavan) poimittua. Taukoajan jälkeen alkaa uusi ruiskuvalujakso sulkemalla muotti. (Järvelä ym. 2000, 48.)

### 3 SMED

SMED (Single minute exchange of die) on japanilaisen Shigeo Shingon kehittämä metodiikka, joka on tärkein työkalu JIT-tuotannon (Just-In-Time) toteuttamiselle ja asetusajan lyhentämiselle. Sen kehittäminen alkoi vuodesta 1950 ja kesti 19 vuotta. Perusajatuksena on, että asetus aika jaetaan sisäiseen (IED) ja ulkoiseen (OED) asetus aikaan. Sisäinen asetus aika on koneen pysähdyksissä tehtävää työtä, kun taas ulkoinen asetus aika lasketaan koneen toiminnan aikana tehtävään työhön. Muotti voidaan kiinnittää muottipöytään vain, kun kone on pysähdyksissä, mutta pulttien ja työkalujen valmistaminen työpaikalle voidaan suorittaa koneen käydessä.

SMED on täydellinen tekniikka asetusajan lyhentämiselle, mutta myös ajattelutapa, joka mullisti teollisuutta jo 1960-luvulla. Ensimmäinen läpimurto tapahtui Toyotan autotehtaalla puristimen asetusajan lyhentämisessä. Käsitteen tarkoituksen mukaisesti alkuperäisestä neljän tunnin asetusajasta päästiin aluksi puoleentoista tuntiin ja lopulta alle kymmeneen minuuttiin. (Shingo 1985, xxii.) Kuvio 2 havainnollistaa SMED-metodiikan toteuttamisen vaiheet.



KUVIO 2. SMED järjestelmän toteutus (Shingo 1984, 18.)

Metodiikan menestys myötävaikutti Just-In-Time-tuotantoon, joka on osa Toyota-tuotantojärjestelmää. JIT on työkalu lean tuotannolle, missä valmistavassa toiminnassa keskitytään, että kaikki suoritettavat toimet tehdään juuri oikeaan aikaan ja oikeaan paikkaan. SMED tekee kuormituksen tasapainottamisen helpommaksi vähentämällä taloudellista erän kokoa ja siten optimoimalla varastotasoa. Vain siihen määrään tuotteita, jotka varmasti käyvät kaupaksi, on sidoksissa yrityksen pääomaa. (Shingo 1985, xxii.)

### 3.1 Syyt asetusajan lyhentämiselle

Syitä asetusajan lyhentämiseen on monia. Erityisen suuret varastot ovat kilpailevassa teollisuudessa historiaa. Suurista valmistuseristä aiheutuvia seurauksia ovat muun muassa tilan tarve, pitkä läpimenoaika, laatuongelmat, häviämiset ja epäselvyys. Tämä aiheuttaa suuret välilliset kustannukset. Tuotantoajattelun kehittymisen myötä ymmärretään, että suurien varastojen pitäminen pienellä tuotevaihtelulla ei ole kannattavaa.

Teollisuuden jatkuva kilpailu aiheuttaa sen, että tuotantoa joudutaan tehostamaan kilpailukyvyn ja asiakkaiden tyytyväisyyden ylläpitämiseksi. Lyhyt läpäisy aika on tärkeä tekijä prosessin onnistumiselle. Suuntana on valmistettavien tuotteiden asetustekniikan kehittämistä kohti asetus aikaa, missä asetus aika on minimoitu niin lyhyeksi ja vaivattomaksi, ettei sillä ole vaikutusta taloudellisten eräkokojen suuruuteen. Karrikoiden tällä tarkoitetaan sitä, että 1000 tuotteen valmistus on valmistus-kustannuksiltaan sama, valmistetaan se sitten yhdessä 1000 tuotteen sarjassa tai jopa sadassa 10 tuotteen sarjassa. Käytännössä tähän on kuitenkin miltei mahdotonta päästä suurimpien mittakaavojen investoinneillakaan. Kaikki aika, joka saadaan vähennettyä asetuksiin kuluva ajasta, nostaa työstökoneen käyttöastetta, mistä seuraa yrityksen tuloksen paraneminen. Lisäksi ruiskuvaluasettajien työ on usein monipuolista työtä, joten johdonmukaiset asetukset ja näihin käytetty aikaisempaa lyhyempi aika omalta osaltaan parantavat työssä viihtymistä. Toisesta näkökulmasta tulee esille myös työn selkeys, sillä se helpottaa

uusien asettajien oppimista työhön. Lisäksi työntekijöiden vireystaso vähentää virheitä

Läpimenoaikoja lyhentämällä voidaan muun muassa pienentää varastoon sitoutunutta pääomaa, virtaviivaistaa tilauksien toimitusta, taata laatua ja monipuolistaa tuotantoa. Asetuksien tehostamisella muotinvaihdossa on siis toisin sanoen suora vaikutus yrityksen kykyyn rahoittaa toimintaansa. Varastossa seisovan pääoman vähenemisen lisäksi nopeampi läpimenoaika vähentää laatu- ja kehityskustannuksia tehokkaasti.

Läpimenoajan kesto vaikuttaa tuotteen nopeaan toimitusaikaan, jolla yrityksen on mahdollista saavuttaa etumatkaa kilpailijoihinsa nähden. Muita hyötyjä ovat nopea reagointikyky asiakkaiden vaatimuksiin ja laatupoikkeamien huomaaminen. Tehostaminen vähentää myös tuotannonsuunnittelun kustannuksia, sillä ne pienenevät luotettavamman toimituskyvyn myötä. (Pesola 2012, 13.)

### 3.2 Isojen ja pienten tuotantoerien suhde

Pieniin ja suuriin tuotantoeriin liittyvät omat vaikuttavat tekijät. Alla listattuna suurien tuotantoerien hyödyt ja haitat, minkä jälkeen todetaan havainnot pienten tuotantoerien tuomista eduista.

Suurien tuotantoerien hyödyt:

- Koneelle saadaan pidempi tauoton käyttöaika.
- Puskurivarastot auttavat selviämään kiiretilauksista tai konerikoista.
- Helpottaa kuormitustasoa.
- Yhdistämällä asetustoimintoja saadaan parempi työaste ja vähennetään asetusten määrää.

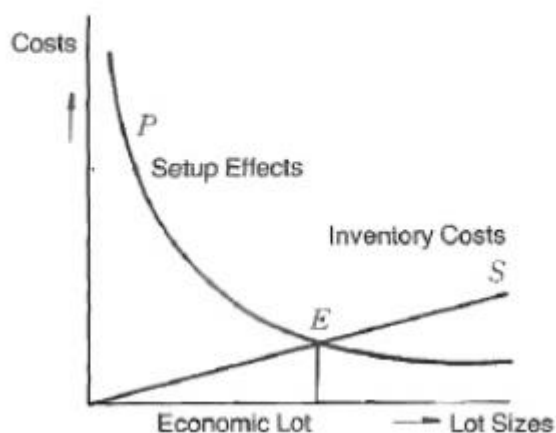
Suurien tuotantoerien haitat:

- Pääoman kiertotaso laskee.
- Aiheuttaa turhaa tilankäyttöä.
- Aiheuttaa ylimääräisen tavaran järjestelyä ja hyllyihin ym. varastojärjestelmiin sijoittamista (mieluummin hukan välttäminen kuin eliminoiminen).
- Varastossa tarvitaan enemmän työvoimaa.
- Pitkät sarjat voivat syödä aikaa kiireellisimmiltä sarjoilta.
- Varastossa seisovan tuotteen malli voi muuttua.
- Tuotteet vanhentuvat (haurastuminen).

(Shingo 1985, 17.)

Nämä hyödyt ja haitat osoittavat, että suurten erien tuottaminen pääasiassa vähentää kuluja aikaavievissä asetuksissa, mutta lisää kuluja kasvattamalla varastoa. Tämä suhde on nähtävissä kuviosta 3, jossa asetuksen kuvaama käyrä (P) ja suora viiva (S) leikkaavat pisteessä (E), jota kutsutaan taloudelliseksi erän kooksi. Tässä pisteessä erän koon haitat ja hyödyt ovat balanssissa. (Shingo 1985, 17 – 18.)

#### THE SMED SYSTEM



KUVIO 3. Taloudellinen erän koko (Shingo 1985, 18)



Taloudellisen erän koon teoriassa on kuitenkin aukko, joka liittyy asetusajan lyhentämiseen tunneista minuuteiksi. Tässä tapauksessa suurten ja pienten erien suhde muuttuu. Syynä taloudellisen erän koon laskennan harhaanjohtavuuteen on se, että pienen asetusajan suhde koneen käyntiaikaan on niin merkittävä. Taulukko 1 osoittaa, että kun asetus aika on niinkin lyhyt kuin kolme minuuttia, saadaan pienellä tuotantoerällä korkea tuotantosuhde yhtä tuotetta kohden.

Esimerkkitapauksessa nostamalla tuotantoerän määrää kymmenen kertoimella asettajan käyttämä asetusajan suhde yhteen tuotteeseen vähenee vain kolmella prosentilla.

TAULUKKO 1. Erän koon ja asetusajan suhde (Shingo 1985, 19)

Setup Time	Lot Size	Principal Operation Time Per Item	Total Operation Time Per Item (Including Setup)	Ratio (%)
3 min.	100	1 min.	$1 \text{ min.} + \frac{3}{100} = 1.03 \text{ min.}$	100
3 min.	1,000	1 min.	$1 \text{ min.} + \frac{3}{1,000} = 1.003 \text{ min.}$	97

Tässä tapauksessa kymmenen erän yhdistäminen säästää aikaa:

$$3 \text{ min} * (10 - 1) = 27 \text{ min},$$

jolloin 8 tunnin työvuorosta säästyy vain noin 6 % työaikaa. Asetusajan tehostaminen nostaa työastetta ja tuotantokapasiteettia. Lisäksi se pienentää varaston kokoa, koska pieni asetus aika ei ole este pienille tuotantoerille. Tämän seurauksena taloudellisen erän koon kapeakatseinen tarkastelu on väistymässä voittoa tavoittelevasta pidemmän tähtäimen suunnittelusta.

Taloudellinen erän koko on muutenkin käytäntöä karttava käsite, eikä se kulje käsi kädessä tuotannon kehittämisen kanssa. SMED-metodiikka tuo mukanaan myös sen edun, että työ ei ole niin haastavaa. Tällöin tarve kokeneille ja ammattitaitoisille asettajille ei ole niin suuri. Myytti suurten eräkokojen ylivoimaisuudesta on siis häviämässä. (Shingo 1985, 19.)

### 3.3 Järjestelmän perusvaiheet ja toteutus

Tässä luvussa esitellään SMED-metodiikan toteutuksen perusvaiheet ja eteneminen vaiheittain tarkoituksena helpottaa menetelmän implementointia valmistavan tekniikan tuotannossa. Jakaminen perusvaiheisiin ja suoritusvaiheisiin ovat tärkeä osa suunnittelua. Alla esitellään Shigeo Shingon määrittelemät perusvaiheet asetuksessa:

- valmistelu, osien ja työkalujen oikeellisuus, paikkojen siivous (30 %)
  - asennus ja irrotus, työstävien osien poisto ja uusien osien asentaminen (5 %)
  - mittaukset, asetukset, kalibrointi (15 %)
  - koeajot ja säädöt, tarkempi säätö aiemmassa kohdassa takaavat helpomman tästä vaiheesta (50 %)
- (Shingo 1985, 27.)

Järjestelmä on kannattavinta suorittaa vaiheittain, jotta organisointi helpottuu. Alla oleva kahdeksanvaiheiden jako työvaiheille on looginen tapa organisoida prosessi:

- 1) Ulkoisten ja sisäisten asetusten erotus
- 2) Sisäisen asetuksen muuttaminen ulkoiseksi
- 3) Standardointi
- 4) Kiinnittimien parantelu
- 5) Välikiinnittimien käyttö
- 6) Samanaikaisten työtehtävien suorittaminen
- 7) Hienosäädön poisto
- 8) Mekanisointi

(Shingo 1985, 29.)

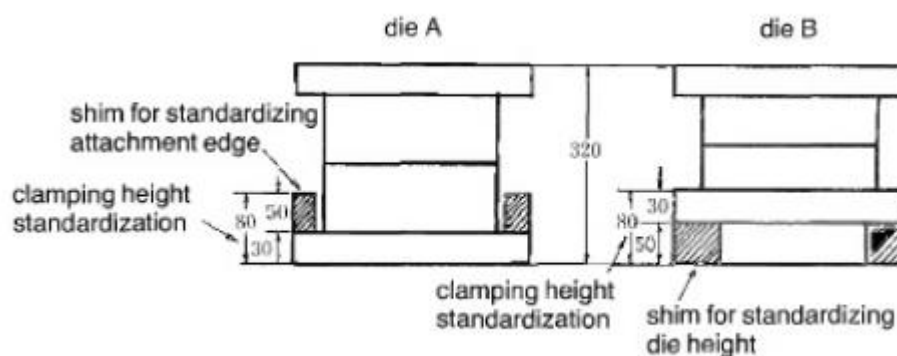
### 3.3.1 Sisäisen asetuksen muuttaminen ulkoiseksi

Sisäisen asetusajan analyysin perusteella havaitut mahdollisesti ulkoiseksi siirrettävät sisäiset asetukset muutetaan ulkoiseksi. Asetusten helpottamiseksi voidaan tehdä tarkistuslista tarvittavien materiaalien, kiinnittimien, letkujen, työkalujen ja muiden mahdollisten tarpeiden esivalmistelusta. Koneen pysähdyksissä olevaa voidaan vähentää tällä tavalla keskimäärin 40 %:lla. (Shingo 1985, 31 – 33.)

Ruiskuvalutekniikassa toimenpiteitä, jotka ovat mahdollista toteuttaa etukäteen ennen sisäistä asetusta, ovat muotin esilämmitys temperointilaitteella tai kuumakanavalämmittimellä, jolloin asetusten kokonaisaika pienenee ja koe-iskujen tarvittava määrä alenee.

### 3.3.2 Standardointi

Työkalujen, kiinnittimien ja muiden osien ollessa erikokoisia tai -tyyppisiä jokaisessa asetuksessa, kuluu aikaa niiden vaihtamiseen ja säätämiseen. Tähän ratkaisuna on työkalujen muotojen ja mittojen standardointi, joka helpottaa merkittävästi asetusta Kuvio 4 osoittaa muotin asetuksessa hyödynnettävää standardointia.



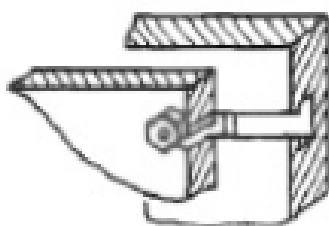
KUVIO 4. Muotin korkeuden ja kiinnityslevyn standardointiesimerkki (Shingo 1985, 43)

Standardointi voi kohdistua myös muun muassa mitoituskeskittämiseen ja irrottamiseen. (Shingo 1996, 20.)

Standardeja työkaluja, kiinnittimiä ja muita osia käyttäen voidaan vakioida asioita asetuksia, kuin myös nopeuttaa asettajan työtä. Haittapuolena standardoinnissa on mahdolliset korkeat kustannukset, minkä takia standardimitat on valittava tarkkaan. Oleellista on valita mitat, jotka toimivat kaikkien työkalujen kiinnitykselle.

### 3.3.3 Kiinnittimien parantelu

Kiinnittimien parantelun tavoitteena on, että niiden käyttö vaatisi mahdollisimman vähän aikaa ja vaivaa. Muotit kiinnitetään useimmiten pultilla, mikä on vaivalloista ja aikaavievää. Pultit myös tippuvat ja vierivät koneiden alle usein. Perinteisten pulttiliitosten sijaan on kehitetty useita menetelmiä. Näitä nopeutettuja kiinnitystapoja ovat yhden kierroksen väännön vaativat lukitukset. Niistä yksi tapa on pultin kiristäminen u-muotoiseen hahloon kuvion 5 osoittamalla tavalla.



KUVIO 5. U-hahlokiinnitys (Shingo 1985, 59)

Kiinnitinmenetelmiä parannettaessa on myös mahdollisuus rakentaa automatisoituja laitteita, kuten esimerkiksi hydraulisia, pneumaattisia tai magneettisia muotinkiinnittimiä. Nämä kiinnitystavat ovat kuitenkin kalliimpia investointeja. (Shingo 1985, 60.)

### 3.3.4 Välikiinnittimien käyttö

Ylimääräiset välilevyt ovat mahdollisuus muotin kiinnittämiseksi ja hienosäädölle. Niiden avulla voidaan kiinnittää ja keskittää seuraava

muotti välikiinnittimeen jo koneen valmistaessa edellistä tuotetta. Muotin vaihdossa tarvitsee vain kiinnittää välikiinnitin muottipöytään esiasetettuna.

Standardisoitujen jikien (kiinnittimien) avulla pystytään helposti muuttamaan muutoin sisäisessä asetuksessa tapahtuva kiinnitystyö ulkoiseksi asetukseksi. Siinä päästään nopeammin kiinnittämään välilevy- ja muottipaketti koneen runkoon. (Shingo 1989, 47.)

### 3.3.5 Samanaikaisten työtehtävien suorittaminen

Muotinvaihtoasetuksessa muotti on kiinnitettävä eri puolilta muottia, jolloin asettajan on liikuttava paljon edestakaisin. Kaksi asettajaa yhteen asetukseen on muotinasetuksen osalta hyvä ratkaisu. Tämä poistaa edestakaisen liikkeen tarpeen ja nopeuttaa asetusta radikaalisti. (Shingo 1996, 37.)

Edellä mainittu ratkaisu pitää sisällään kuitenkin ongelmia, kuten ylimääräisen asettajan saaminen käyttöön oikeaan aikaan. Lisäksi se voi sekoittaa toisen asettajan työtä. Ratkaisuna työtehtävien jakamiseen olisi pitää päivystävää asettajaa, jonka työtehtävänä on avustaa asetuksissa. Päivystäjän vastuulla olisi myös muita tehtäviä, kuten syklonin ja myllyn puhdistus. Asettajien keskinäinen kommunikointi on tärkeässä roolissa samanaikaisten työtehtävien suorittamisessa.

### 3.3.6 Hienosäädön poisto

Työkalunvaihdossa hienosäätötyöhön kuluu keskimäärin 50 % sisäisestä asetusajasta. Hienosäädön helpottaminen ja siirtäminen ulkoiseen asetus aikaan on siis hyvin tehokas toimenpide lyhentäessä sisäistä asetus aikaa.

Ratkaisut, joissa säädöt ja koeajot minimoidaan tai eliminoidaan kokonaan, ovat tavoiteltavissa siten, että säädetään keskittämiset, mitoitus ja arvojen säädöt kerralla oikein edellisessä vaiheessa. (Shingo 1985, 66.)

### 3.3.7 Mekanisointi

Mekanisointi on viimeinen vaihe ja sen kannattavuus riippuu siitä, miten hyvin prosessin rationalisointi on suoritettu. Mittavat investoinnit voivat mennä hukkaan tai tuottaa enemmän tappiota kuin hyötyä väärin tehtynä. Virtaviivaistettu prosessi on huomattavasti helpompi mekanisoida. Mekanisointi on askel SMED käytännöstä automatisoituun muotinvaihtoon "One Touch Exchange of Die" (OTED). (Shingo 1985, 48.)

Muotinkiinnitys voidaan ruiskuvalutekniikassa mekanisoida magneettisilla, hydraulisilla tai pneumaattisilla muotinkiinnittimillä.

#### 4 TUOTANNON VIRTAAUS JA RATIONALISOINTI

Tuotannon virtaus koostuu prosesseista ja työvaiheista. Raaka-aineen valmistuminen tuotteeksi tapahtuu prosessissa. Operaatiossa kone tai työntekijä suorittaa jalostavan vaiheen raaka-aineelle. (Shingo 1984, 13.) Ruiskuvalutuotannon prosessivaiheet ja työvaiheet ovat kuvattuna taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Prosessit ja operaatiot (Shingo 1984, 13.)

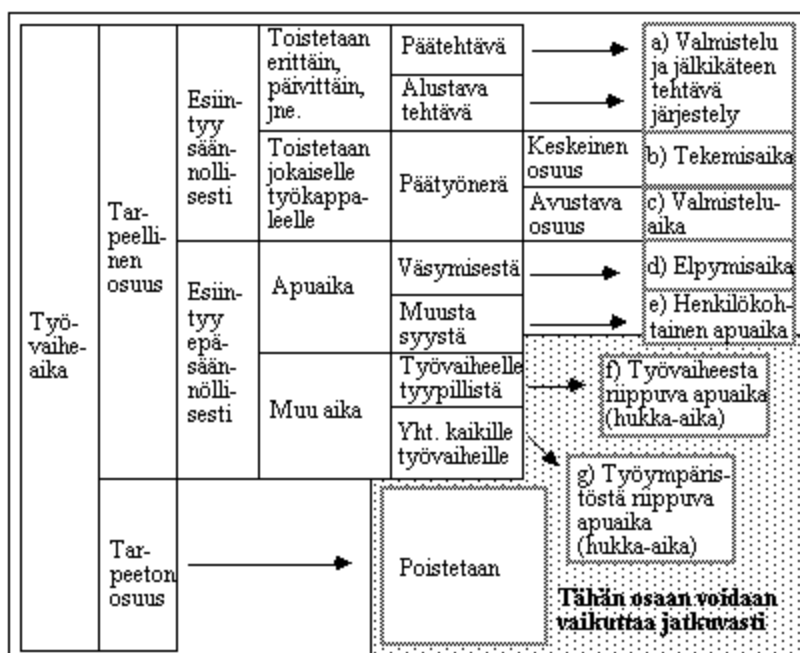
Prosessivaiheet	Operaatiot
1. Raaka-aineen varastointi	
2. Raaka-aineen kuljetus koneelle	Asetusvaihe
3. Varastointi koneen lähelle	
4. Prosessointi ruiskuvalukoneella	Jalostava vaihe
5. Tuotteen laadunseuranta	
6. Valmiin tuotteen pakkaus ruiskuvalukoneen viereen	
7. Tuotteen lähettäminen asiakkaalle	

Valmistusprosessia tarkastellessa on ensisijaisesti tutkittava, kuinka valmistettava tuote läpäisee työvaiheet. Työn eri vaiheita tarkastellessa ovat lähtökohtana yksittäisen asettajan ja ruiskuvalukoneen tekemät työnerät. Näin voidaan tarkastella tuotannon virtausta prosessien ja työvaiheiden yhdessä muodostamana verkkona. Näin huomioidaan työvaiheet ja se, kuinka asettaja tai kone vaikuttaa tuotteeseen. Lisäksi se huomioi koko prosessia ja sen, miten raaka-aine muuttuu vaiheittain valmiiksi tuotteeksi.

On tärkeää, että valmistusprosessia tarkastellaan ja kehitetään ennen muutoksia työvaiheille. Perusta tälle on, että oikea suunnittelu voi eliminoida tietyt työvaiheet kokonaan. Näin vältetään turhien työvaiheiden työstämiseen uhrattua aikaa. Voidaan siis todeta, että tuotteen virtauksen kehittämisellä eli prosessin kehittämisellä on suurempi prioriteetti, kuin työtapojen kehittämisellä. (Shingo 1984, 16 – 18.)

Valmistusprosessit voidaan jakaa neljään eri tyyppiin: jalostus, tarkastus, kuljetus ja varastointi. Työkappale läpäisee prosessin etenemisen tavoin erilaiset jalostustyönvaiheet: tarkastustyönvaiheet, kuljetustyönvaiheet ja varastointityönvaiheet

Työnvaiheisiin liittyvät osatekijät ovat esitettynä kuviossa 6. Siinä tarkastellaan Toyota-järjestelmän ajan jakautumista eri osatekijöihin ja niiden virtaviivaistamiseen. (Shingo 1984, 25.)



KUVIO 6. Työnvaiheisiin liittyvät osatekijät (Opetushallitus 2017)

Selitykset vaiheille:

- a) Esivalmistelu ja jälkikäteinen tehtävä järjestely: Työvaiheet ennen asetusta ja sen jälkeen, esimerkiksi muotin nouto koneen lähetyville ja työpisteen siivous
- b) Tekemisaika: Jalostus, laadun mittaaminen, varastointi ja kuljetus
- c) Valmistelu-aika: Päättehtävää avustava osuus, eli muotin kiinnittäminen ja irrottaminen koneesta sekä sen huolto, tuotteen varastoon laittaminen ja varastosta ottaminen
- d) Elpymisaika: väsymisestä palautuminen



- e) Henkilökohtainen apuaika: Sosiaalityöläisissä käynti, kahvi- ja ruokatauko
- f) Työnvaiheesta aiheutuva hukka-aika: Epäsäännöllisesti esiintyvä, jalostavaan työhön liittyvä työ, kuten voitelu, konerikot, viallisten kappaleiden käsittely jne.
- g) Työympäristöstä aiheutuva hukka-aika: Epäsäännöllisesti esiintyvä, kaikille työnvaiheille yhteinen ylimääräinen työ, kuten materiaalin noutaminen ja koneen häiriöiden poisto (Shingo 1984, 26.)

## 5 LAATU JA LAADUNVALVONTA

Ruiskuvalutuotannon laadunvalvonta on jaettu eri osa-alueisiin, joista jokainen vaikuttaa kokonaisuuteen. Raaka-aineille, prosesseille ja valmiille tuotteille on omat laatuvaatimuksensa ja niiden noudattaminen on perusedellytys tuotannon onnistumiselle.

Laatustandardeja noudattava tuotanto takaa yrityksen kannattavuuden ja kilpailukyvyn. Selkeät toimintaohjeet ja ammattitaitoiset työntekijät minimoivat hävikin ja sitä kautta reklamaatiokustannukset ja muut laaduttomuuskulut. (Järvelä ym. 2000, 190.)

### 5.1 Raaka-aineiden laatu

Raaka-aineiden ja nimikkeiden laajan kirjon vuoksi niiden laatua on myös usein vaikea kontrolloida. Toimittajia on paljon ja määrät ovat suuria.

Raaka-aineiden laadun hallittavuutta voidaan parantaa raaka-ainevalikoiman pitämällä mahdollisimman suppeana ja raaka-aineen oikeanlaisella käsittelyllä materiaalin vaihdoissa ja seurannalla prosessin aikana. (Järvelä ym. 2000, 192.)

Yksinkertaisin ja halvin operaatio raaka-aineen laadun takistamiselle on sulaindeksin määrittäminen. Sillä saadaan tärkeää informaatiota sulan muovimassan virtausominaisuuksista. (Järvelä ym. 2000, 193.)

Sulaindeksi määritetään yleensä ISO 1133-standardin mukaisesti:

1. Noin 4-5 grammaa polymeeriä asetetaan sulaindeksilaitteen säiliöön, jonka ulostulon halkaisija on noin 2 mm.
2. Materiaali on pakattu kunnolla putken sisään, jotta vältetään ilmataskujen muodostuminen.
3. Käytetään suulakepuristusta, jonka saa aikaan oikein mitoitettu mäntä.
4. Näyte esikuumennetaan määrätyn ajanjakson ajan, esim. polyeteenillä 5 min 190 °C:ssa ja polyeteenillä 6 min 230 °C:ssa polypropeenilla.

5. Esilämmityksen jälkeen mäntään syötetään tietty paino.  
Esimerkkejä tavanomaisista painoista ovat 2,16 kg ja 5 kg.
6. Paino kohdistaa voiman sulaan polymeeriin, joka aiheuttaa sen virtauksen ulos säiliöstä.
7. Näyte sulasta otetaan halutun ajanjakson jälkeen ja punnitaan tarkasti.
8. Sulaindeksi ilmaistaan g/10min.  
(Technical Committee ISO/TC 61, Plastics 2005.)

## 5.2 Prosessin laadunhallinta ja validoinnin suunnittelu

Prosessin hallitseminen on tärkeä osa lopputuotteen laadun takaamiselle. Hallinta on mahdollista monilla eri tavoilla ja vaiheilla. Tavoitteena on parametrien vaikutusten ymmärtäminen. Mittatarkkuutta voidaan säätää ruiskuvalukoneen parametreilla, mutta erilaiset muotit ja koneet tuovat haastetta hallintaan. Helpottamiseksi käytetään laadunvalvonnassa esimerkiksi tilastollista prosessin hallintaa ja Cpk-lukua, joka ilmaisee prosessin suorituskyvyn indeksin. (Järvelä ym. 2000, 193.) Cpk voidaan laskea kaavasta 1.

$$Cpk = \frac{(Ty - X)}{3xs} \text{ tai } \frac{(X - Ta)}{3xs} \quad (1)$$

missä  $T_y$  = ylempi toleranssiraja,  $T_a$  = alempi toleranssiraja,  $X$  = jakauman keskiarvo ja  $s$  = standardipoikkeama

Koeajojen parantaminen on tärkeä kehityskohta ruiskuvaluun erikoistuneelle yritykselle. Informaatio koeajoista ja parametrien, kuten ruuvien pyörimisnopeuden ja lämpötilojen vaikutuksista on tärkeää. Näin saadaan asettajien saama kokemus ja tärkeä tietotaito hyödynnettyä yritykselle tehokkaammin. Prosessivalidoinnissa jaksonaika ja prosessin laaduntuottokyky testataan riittävän hyvin, mikä mahdollistaa taloudellisesti ja laadullisesti varmojen tuotteiden valmistamisen.

Prosessin validointi koostuu useimmiten seuraavien vaiheiden mukaan:

- Validointisuunnitelma: luodaan suunnitelman kohdat ja määritetään vastuut.
- IQ-vaihe: muotin koeajo, testataan muotin toimivuus sekä tarkastetaan tuotteen visuaalinen laatu.
- OQ-vaihe: etsitään prosessille optimaaliset prosessiparametrit ja määritetään ääriarvot. Simuloinnilla pystytään luomaan Doe (design of experiments), jolla pystytään huomioimaan valitut arvot ja tekijöiden ristikkäisvaikutus yhdellä kerralla.
- PQ-vaihe: Ajetaan ruiskuvalumuotilla ennalta laaditun suunnitelman mukaan vähintään 4 tuntia yhtäjaksoista ajoa.
- FAI-Mittaukset: Varmistetaan tuotteiden mittojen paikkansapitävyys
- Toiminnalliset testit: Testataan tuotteen toimivuus normaaleissa käyttöolosuhteissa.
- Cpk-mittaukset: Ensin valitaan tuotteelle kriittiset ominaisuudet ja kyvykkyystavoite eli Cpk-luku. Tavallinen kyvykkyystavoite laaduntuotolle on  $Cpk > 1,33$ .
- Hyväksyntäkatselmus: Prosessivalidoinnin eri vaiheiden valmistumisen jälkeen pidetään erillinen katselmus, jossa käydään läpi kaikki tarvittavat dokumentit ja päätetään muotin ja tuotteiden hyväksymisestä massatuotantoon. (Koistinen 2014.)

Kappaleen laatua voidaan seurata mittaamalla sen ominaisuuksia kuvaavia parametreja, kuten paino ja mitat. Mitat ja niiden toleranssit sekä paino voivat olla kirjattuna laatukirjanpitoon. Muita vaikeammin määritettäviä ominaisuuksia ovat sisäiset jännitykset, homogeenisuus, hapettumisaste ja mekaaniset ominaisuudet. Lisäksi laatu voidaan todeta visuaalisesti palojäljistä, imuista, pinnanlaadusta, vajauksista, purseista tai kalvoista. (Järvelä ym. 2000, 190-191.)

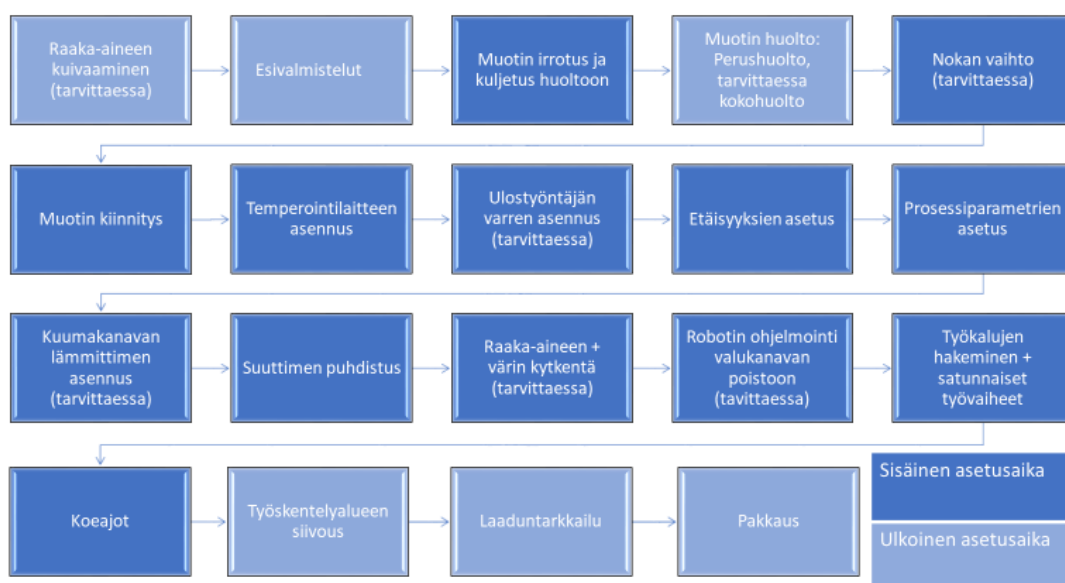
Myös laaduntarkkailu on automatisoitavissa robotiikan avulla, jossa tarkka kamera mittaa kuljetinhihnalta kuljetettavia tuotteita. Konenäön avulla poikkeamia sisältävät tuotteet hylätään. Huomioon on otettava

oikeanlainen kamera ja tarpeeksi tehokas valaistus tarkastuspisteellä sekä hankinnassa sen kannattavuus, sillä robottijärjestelmä edellyttää suurta käyttöastetta.

## 6 NYKYTILAN KARTOITUS JA TYÖVAIHEET

Prosessin seuranta kohdistui päivävuoroon, jossa työskentelee pääosin kahdesta neljään asettajaa. Aluksi perehdyin tuotannossa tapahtuviin tehtäviin ja niiden tarkoituksiin. Asetustyöhön kuluvaan aikaan alettiin seurata siten, että kirjattiin ylös työvaiheet ja kelloitettiin niistä jokainen mahdollisimman tarkasti.

Nykytilan kartoitus tehtiin, sillä sen jälkeen on mahdollista löytää ongelmakohdat ja parantaa prosessia. Työskentelin pääosin kokeneiden ruiskuvaluasettajien kanssa, joten työtavat olivat hyvin vakiintuneet. Työvaiheita on lukuisia, ja ne voivat vaihdella hyvin paljon riippuen eriluonteisista muotinvaihdoista, koska lähtötilanne on lähes aina erilainen. Lähtötilanteeseen vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa materiaalin tai värin vaihto, suuttimen kärjen (nokan) vaihto ja edellisen sarjan koneen alasajossa jo valmiiksi tehdyt toimenpiteet. Uuden sarjan prosessi lähtee käytännössä siitä, että raaka-aine laitetaan kuivumaan ja päättyy siihen, että sarjan tuotteet ovat valmistuote-varastossa valmiina asiakkaalle. Nykytilanteen kartoitus alkoi kuvaamalla koko prosessi ja jakamalla se sisäiseen ja ulkoiseen asetusajaan (kuvio 7).



KUVIO 7. Nykyprosessin työvaiheet

Ulkoinen asetus aika on tuotteen muotinvaihdon puitteiden ulkona tapahtuvaa aikaa. Sisäinen asetus aika käsittää aikaa, jolloin kone on pysähdyksissä. Työtehtävät toteutuvat yleisesti kuvatusti, mutta ei aina osoitetussa järjestyksessä.

Tehdas koostuu raaka-ainevarastosta, muotinhuollosta, tuotantotilasta, puhdastilasta, laatutilasta, kokoonpanotilasta ja valmistuotevarastosta. Tuotannossa on yhteensä 24 ruiskuvalukonetta. Valtaosa ruiskuvalukoneista ovat Arburg merkkisiä. Muita koneiden toimittajia ovat Fanuc, Engel ja Babyplast. Koneiden sulkuvoimien väli on 5,5 tonnista 100 tonniin. Puhdastilassa olevat koneet eivät kuulu tähän työhön. Tehtaan layout on tarkasteltavissa liitteessä 1, josta ilmenee myös myöhemmin esiteltävä kulkukaavio asetuksen aikana.

#### 6.1 Raaka-aineen kuivaaminen

Tarkoituksena on poistaa kosteus, joka on haitallista materiaalin prosessoinnissa ruiskuvalukoneessa johtuen materiaalin vääränlaisesta viskositeetista ja polymeeriketjujen hajoamisesta. Raaka-aineen kuivuminen kestää muovilaadusta riippuen keskimäärin neljä tuntia. Kosteaa raaka-ainetta on nähtävissä muovituotteessa yleensä sen raidoituneena pintana. Polyamidi kerää muovilaaduista eniten kosteutta ympäristöstä.

Raaka-aineen kuivumisprosessi on tärkeää saada ulkoiseen asetus aikaan. Kommunikointi raaka-ainepuolen ja tuotannonohjauksen välillä tapahtuu Sonet järjestelmän kautta. Raaka-aineet kuivataan niiden valmistajan puolesta välitettujen ohjeiden mukaisesti raaka-ainekuivureissa. Raaka-ainekohtaiset ohjeet valmistajalta kertovat kuivumisajan ja lämpötilan. Kuivattu raaka-ainetta ohjataan numeroidulta jakopöydältä alipainejärjestelmään, jonka kautta se kulkeutuu koneelle putkistoa pitkin materiaalisyklonin kautta aina ruiskuvalukoneen plastisointiruuville. Joissain tapauksissa ruiskuvalukoneella on säiliöuuni, josta materiaali syötetään koneen nieluun.

## 6.2 Muotin huolto

Muotin huolto tapahtuu muiden sarjojen ja vaiheiden aikana, joten se on ulkoista asetusaikaa. Muotin huolto Nurmijärvellä tapahtuu kahdessa eri osastossa. Toinen osasto on samassa tilassa, kuin tuotanto ja siellä suoritetaan nopeammat huollot. Vaativammat huollot tehdään toisessa hallissa, jossa on myös enemmän välineitä esimerkiksi koneistukseen ja kipinöimiseen. Muotin huollossa huolletaan tarvittaessa muotin pinta, keernat, vesiletkunipat, syöttökanavat, ohjaustapit, jäähdytyskanava tai kuumakanavisto eli kaikki kuluvat ja liikkuvat osat.

Huollon lopuksi muottiin merkataan post it-lapulla huoltopäivämäärä, huoltajan nimi ja allekirjoitus. Informaatio valmiista muotista välitetään asettajalle suoraan tai työnjohdon kautta. Muotin huollossa huolletaan tällä hetkellä eniten Kiinasta tilattuja muotteja. Syitä muotin varsinaiselle korjaukselle ovat useimmiten ajossa sattuneet kiinnileikkaamiset tai törmäykset väliinjääneeseen kappaleeseen.

## 6.3 Esivalmistelut

Esivalmistelussa haetaan tulevan sarjan tarvittavat dokumentit ja seuraavan sarjan muotti viedään koneen vierelle valmiiksi. Dokumentit ovat kansiossa ja ne sisältävät seuraavat tiedot:

- tarkastuspöytäkirja
- tarkastusohjeet
- työkortti
- sarjan aloituksen tarkastuskortti
- työmääräin
- pakkausohjeet
- ajo-ohjelman levyke (jos ohjelma on tehty)
- tuotepiirustukset



Tarkastuspöytäkirjasta ilmenee tarkastuspisteiden hyväksynnät, mitkä pitävät sisällään pinnanlaadun, värin, tulkkauksen tai mittauksen, purseen ja vajauksen, raaka-aineen, sisäänmenon, pesien numerot, testaukset ja kovuudet. Työkortista ilmenee materiaali, väri, jaksonaika ja pesäluku. Sarjan aloituksen tarkastuskortista ilmenee viimeksi tehdyt toimenpiteet sarjassa, kuten temperointilaitteiden käyttö, raaka-aineen kuivaus ja muotin pinnan lämpötilat. Työmääräimestä ilmenee koneen numero, muotin numero, ajoparametrit, koneen sulkuvoima, tuotteen nimitys, ajoaika, päivämäärä ja huomiot.

Tarvittavat työkalut haetaan valmiiksi ja siivotaan työskentelyalue viemällä ylimääräinen tavara pois ja tarvittaessa imuroidaan valukanavat ja granulaatit työturvallisuuden ja yleisen siisteyden parantamiseksi. Tämä työvaihe pyritään pitämään ulkoisessa asetusajassa, mutta se tapahtuu usein sisäisen asetusajan puitteissa.

#### 6.4 Muotin irrotus

Muotin vaihto alkaa muottipuoliskojen vesikierron irrottamisella. Vesihanat suljetaan sekä irrotetaan pikaliittimet muotista. Vesiletkuja voidaan käyttää uudessa asetuksessa, jos ne soveltuvat uuteen muottiin. Muotinpuoliskot ajetaan yhteen, kiinnitetään siderauta muotissa oleviin kierteisiin ja irrotetaan kiinnitysraudat niin, että jätetään vielä toisen puolen kiinnitysraudat kiinni muottiin. Tämän jälkeen otetaan nostimella kiinni sideraudan nostokohdasta, irroitetaan viimeinen kiinnitysrauta ja nostetaan muotti koneelta.

Koneesta ja muotin koosta riippuen muotti saatetaan joutua pyöräyttämään johteiden välistä. Useimmiten saadaan kuitenkin muotti yksinkertaisesti ylös. Muotti lasketaan kuljetuskärrylle ja merkataan tarvittaessa post it-lapulla huomautus muottihuollolle tarvittavista toimenpiteistä. Tässä vaiheessa koneen sylinteri asetetaan lämpenemään sarjan parametriohjelman mukaiseen lämpötilaan. Muotti viedään huoltoon kuljetuskärryllä lavan päällä.

## 6.5 Sylinterin kärkikappaleen vaihto ja muotin kiinnitys

Mikäli uudessa sarjassa käytetään eri sylinterin kärkikappaletta (nokkaa), vaihdetaan se oikean kokoiseen sille soveltuvalla avaimella. Ennen nokan ruuvaamista kierteiltään tulee siitä irrottaa lämmitysvastus. Uuden kärkikappaleen kierteet ja suutin joudutaan puhdistamaan, jos edellisestä ajosta on jäänyt sulasta tilasta jähmettynyttä raaka-ainetta tukkeeksi. Uuden nokan kiinnityksessä tulee ottaa huomioon metallin lämpölaajeneminen, joten se kieritetään suuttimen kierteisiin vasta lämmön noustua.

Kärkikappaleen vaihdon jälkeen työmääräimessä määritetyn numeron mukainen muotti nostetaan nostimella ruiskuvalukoneen muottipöytien väliin. Tarvittaessa joudutaan asentamaan välikiinnityslevyt muottipöytiin lyhentämään iskumatkaa, mikäli koneen iskupituus ei riitä.

Muotti ohjataan kädellä, varovasti vahingoittamatta muottipöytää tai johteita koneen kiinteälle puolelle ohjausrenkaan kohdalle edellyttäen, että muotin ja koneen kiinteän pöydän keskitysrenkaat täsmäävät. Tämän jälkeen muotti kiinnitetään kiinnitysraudoilla tukevasti muottipöydän kiinteälle puolelle kiinni. Muotin sijoittuminen on tärkeää suuttimen nokan kanssa samalle linjalle (noin  $\pm 1$  mm toleranssi). Kun muotti ajetaan kiinni, kiinnitetään loput kiinnitysraudat ja irroitetaan siderauta.

## 6.6 Temperointilaitteen asennus

Ennen temperointiletkujen asentamista tarkistetaan liittimien ja letkujen kunto silmämääräisesti. Muotissa on vesikiertoliittimien kohdalla sisään- ja ulosmenomerkinnät (IN- ja OUT-kirjaukset), mutta nämä merkinnät voivat olla puuttelliset. Muottipuoliskojen vesikierto saadaan tarkistettua irrottamalla runkoliittimet ja puhaltamalla sisäänmenoon paineilmaa. Kun

paluuviesiliitännästä tulee paineilmaa, letkut ovat oikein liitetty. Jos ilma ei pääse läpi, on tarkistettava liitännät. Lukitus on kunnossa, jos liitin ei lähde irti vetämällä, ennen kuin liittimen lukituslappi vapautetaan.

Temperointilaitteet kytketään päälle, asetetaan haluttu lämpöarvo ja jakotukissa sijaitsevat oikeat temperointihanat käännetään auki. Temperointilaitteiden käynnistyksen jälkeen varmistetaan, etteivät letkut ja liittimet vuoda. Vuodon ilmetessä temperointilaitteet pysäytetään ja ongelma korjataan. Letkuja valittaessa ja kiinnitettäessä huomioidaan, että ne eivät ole mahdollisen robotin manipulaattorin liikeratojen esteenä eivätkä rasitu liikaa muotin liikkeessä. Vesikierron virtaus nähdään tunnistelemalla käsin letkuissa tapahtuvaa virtausta ja letkujen lämpötilaa kuumen veden virratessa niissä.

#### 6.7 Ulostyöntäjän varren asennus ja etäisyyksien asetus

Ulostyöntäjän varren (pukkarin varren) asennuksessa haetaan muotille sopivalla kierteellä ja pituudella oleva varsi ja asennetaan se muottiin. Varsi kiinnitetään koneen runkoon lukituskappaleella, joka käännetään lukitusasentoon avaimella. Joissain tapauksissa pukkarin varsi on kiinteästi muotissa, eikä sitä tarvitse erikseen asentaa. On myös muotteja, joihin ei tarvita pukkarin vartta ollenkaan, vaan ulostyöntö tapahtuu paineilamalla. Seuraavaksi liikkuva muottipöytä ajetaan hitaalla käsinajolla kiinni kiinteään pöytään ja kiinnitetään loput kiinnitysraudat räikkäavaimella.

Ulostyöntäjän varren asennuksen jälkeen asetetaan ruiskuvalukoneelle muotin mittojen mukaiset etäisyydet. Ulostyönnön, ruiskutusyksikön ja muotin etäisyydet asetetaan käyttäen asetusajoa. Etäisyyksien asetuksessa säädetään ruiskuvalukoneen ohjausyksikölle arvot, joissa ulostyöntö on täysin sisällä, ruiskutusyksikkö on kiinni muotissa ja muotti on tarpeeksi auki. Asetukset varmistetaan vielä käsinajolla hitaalla vauhdilla, jonka jälkeen ajetaan puoliautomaatilla muutama jakso varmistukseksi.

## 6.8 Prosessiparametrien asetus ja iskulukemien nollaus

Tehdään ajo-ohjelma syöttäen parametrit manuaalisesti tai hakemalla ne valmiista ohjelmasta levykkeeltä. Ruiskuvaluparametreissa tulee ottaa huomioon niiden vaikutus kutistumaan, täyttöön, palojälkiin, vajauksiin ja pinnanlaatuun. Annosteluvaiheessa kriittisimmät tekijät ovat ruuvien kierrosluku ja vastapaine.

Ruiskutusnopeus ja jälkipaineoptimointi vaikuttavat tuotteeseen merkittävästi. Tässä vaiheessa nollataan myös iskulukema, jotta uuden sarjan iskut alkavat nollassa.

## 6.9 Kuumakanavan lämmönsäätimen asennus

Kuumakanavamuoteille asennetaan sähköinen lämmönsäädin.

Kuumakanavajohdin kiinnitetään pistokkeeseen, joka sijaitsee muotin yläpuolella. Kuumakanavajohtimen kiinnityksessä tulee ottaa huomioon, että liitin on oikeanmallinen. Tarvittaessa oikea liitin tulee hakea liittimien säilytyspaikasta.

Kun kiinnitys on suoritettu, voidaan kytkeä virta säätimeen. Tämän jälkeen odotetaan, että lämmöt nousevat. Lämpöjen nousu vie aikaa yleensä noin 15 - 30 minuuttia.

## 6.10 Ruuvien ja sylinterin puhdistus

Vanha raaka-aine puhdistetaan ruiskutusyksiköstä. Mahdollisesti käytetään puhdistusajoa puhdistusmateriaalilla, ellei ruiskutusyksikön plastisointi ”pehmeällä” eli polypropeenilla ja syöttäminen tyhjennä ruuvia.

Ruuvien perusteellisempaan puhdistukseen käytetään Nurmijärven yksikössä tällä hetkellä kolmea erilaatua puhdistusainetta: matalalämpöinen, korkealämpöinen ja lasiseosteinen. Lasiseosteinen puhdistaa tarvittaessa lian perusteellisemmin. Jos materiaali on jäänyt tiukasti kiinni ruuviin tai sylinteriin eikä sitä saada puhdistusmateriaalilla

puhtaaksi, joudutaan sylinteri avamaan ja puhdistamaan ruuvi ja sylinteri mekaanisesti.

#### 6.11 Raaka-aineen ja värin kytkentä

Puhdistetaan tarvittaessa edellinen materiaali syklonista ja kytketään se takaisin raaka-aineen kuljetusjärjestelmään, minkä jälkeen kytketään magneettianturilla ohjattu materiaalisykloni päälle. Tarkoituksena on kuljettaa raaka-aine aiemmassa luvussa esitellystä raaka-aineen kuivaustilasta koneelle.

Anturin antaessa käskyn ohjausyksikölle, kannessa oleva sylinteri aukeaa ja alipainetta muodostuu syklonin ja järjestelmän yhtenäisestä alipaineputkistosta kuljettaen raaka-ainetta syklonin kyljessä olevasta tuloputkesta tai tuloputkista, mikäli ajossa käytetään useampaa raaka-ainetta. Pöly kulkeutuu syklonin yläosassa sijaitsevan verkkosuodattimen kautta alipainelinjaa pitkin keskussuodattimelle. Syklonin osat, jotka joutuvat kosketukseen raaka-aineen kanssa, ovat valmistettu sille soveltuvasta materiaalista. Tärkeää on, että materiaali on ruostumatonta ja antistaattista.

Pienempää materiaalimäärä tarvittaessa kaadetaan väriaine värisekoittimeen tai sekoitetaan materiaali ja väri valmiiksi. Tällöin materiaali viedään suoraan koneelle. Jos materiaali syötetään suoraan koneen lähetyviltä, asennetaan sille kuivausuuni ruiskuvalukoneelle.

#### 6.12 Valukanavan poistaminen

Valukanavan poistamisessa ohjelmoidaan tarvittaessa robotti kylmäkanavassa syntyneen valukanavan (jöötin) poistamiseen. Yleensä ohjelma löytyy valmiiksi robotin käyttöliittymästä. Ohjelmaa ja tarttujaa joudutaan vaihtamaan usein tuotekohtaisesti, sillä robotti täytyy asemoida eri kohtaan muottia ja tarttuvia tulee sovittaa oikeanlaiseksi erilaisten valukanavien poistamiseen.

Muotista ei tarvitse poistaa hukkamateriaalia, jos se on toteutettu kuumakanavalla, koska valukanava pysyy juoksevana sen ollessa yhteydessä suuttimeen. Valukanava ei siis jäähdy muotin pesän sisään.

#### 6.13 Työkalujen hakeminen ja satunnaiset työvaiheet

Työkalujen hakemiseen kuluu huomattavasti aikaa nykytilanteessa. Suurimpia ongelmia ovat oikeiden ulostyöntövarsien, anturien piuhojen ja sopivien pulttien löytäminen. Muita aikaavieviä toimenpiteitä asetusvaiheessa ovat nokan puhdistus edellisestä materiaalista (jähmettynyt sisään), ruiskutusyksikön puhdistus, toisen koneen häiriöiden korjaaminen, muotin puhdistus, keernan säätö ja vesiletkujen vuotojen paikantaminen, sekä korjaus.

Vaihtelua asetusten välillä on huomattavasti, sillä aloitustilanne vaihtelee paljon. Tähän työvaiheeseen huomioidaan myös asetuksessa tehtävät harvinaisemmat ”hukat”, kuten myllyn puhdistus ja kuumakanavalämmittimen lämpöjen nousun odotus.

#### 6.14 Koeajot

Koeajossa ajetaan yleensä kymmenen iskua ja toimitetaan kappaleet laadulle. Mikäli tuote hyväksytään, päästään massatuotannon toteuttamiseen ja ajetaan tuotteet siniseen laatikkoon tai suoraan toimitettavaan laatikkoon.

Tarvittaessa jatketaan tuotteen ajamista punaiseen laatikkoon ja korjataan ajoparametrejä tai tehdään muita tarvittavia toimenpiteitä, kuten muotin huolto.

### 6.15 Ajon aikana ja ajon päätteeksi tapahtuvat työvaiheet

Ajon aikana ja sen päätteeksi tapahtuvat työvaiheet ovat laadun valvonta, pakkaaminen, kuljetus ja siivous. Ajon aikana operaattori tarkistaa tuotteelta vaaditut laadulliset kriteerit kahden tunnin välein. Laadullisia kriteereitä ovat muun muassa pinnanlaatu, väri ja imut. Käytönvalvojan tehtävänä on ilmoittaa asettajalle, jos ajossa tapahtuu poikkeamia. Käytönvalvojan tehtäviin kuuluu myös valmiiden sarjojen tuotekohtainen pakkaaminen. Tuotteen oman pakkausohjeen mukaan merkataan tuotetarralla laatikko ja punnitaan sekä tarkastetaan tällä tavoin kappalemäärä jakamalla laatikon sisällön kokonaismassa tuotteen massalla. Pakkaamisen jälkeen tuotteet kuljetetaan valmistuotevarastoon, jossa ne viimeistellään kuljetuskuntoon. Tämän jälkeen tuotteet ovat valmiita toimitettavaksi asiakkaalle.

Sarjan päätteeksi asettajan tehtäviin kuuluu ruiskuvalukoneen ympäristön siivoaminen mahdollisimman siistiksi seuraavaa asetusta varten. Ylimääriset granulaatit siivotaan ja työkalut viedään paikoilleen. Siivous asetuksen päätteeksi helpottaa seuraavan asetuksen aloituksen yhteydessä tehtävää siivousta.

### 6.16 Tarvittavat työkalut

Tarvittavien työkalujen listaus tehtiin, jotta käsitys oikeasti tarvittavista työkaluista tulisi selkeäksi. Tämän ansiosta jatkossa on myöhemmin helppo karsia turhia työkaluja työkalukärrystä ja pitää vain tarvittavat järjestyksessä. Muotin ylösajossa tarvitaan seuraavat työkalut:

- lenkkiavainsetti
- räikkäävain ja hylsysetti
- kuusiokoloavainsetti
- nostin

Lisäksi tarvittavia erikoistyökaluja ovat:

- siirtoleukapihdit
- jakoavain
- vasara
- ruuvipenkki
- lämpökäsineet
- vesivaaka
- kaasupoltin
- työntömitta
- lyöntiavain
- orsiavain

Lyöntiavainta käytetään suuttimen kärkikappaleen irrottamiseen ja orsiavainta koneen orsien irrottamiseen.



## 7 ONGELMAT JA ANALYYSIT

Nykytilanteen kartoituksessa todettiin ongelmat asetuksessa. Ajon aloittamisessa huomattavaa oli, että kun muotti oli jo asennettu ruiskuvalukoneeseen ja tuotanto käynnistettiin, huomataan ongelmia. Näitä ongelmia olivat muun muassa mustat pisteet tuotteessa, vajaukset ja laatupoikkeamat. Raaka-aineeseen liittyvät ongelmat johtuivat yleensä prosessin vaihtelevista toimintatavoista ylös- ja alasajoissa seisokkien yhteydessä tai raaka-aineen juuttumisesta sylinteriin tai ruuviin. Tällä oli suora vaikutus siihen, miten hyvin saadaan tuotettua asiakkaalle hyväksyttävää lopputuotetta.

Toinen kriittinen ongelma oli asetuksen aikana tehtävät ylimääräiset toimenpiteet, jolloin itse asetus keskeytyi. Tällaisia hidastavia tekijöitä ovat työkalujen tai osien etsiminen, toisen koneen häiriön poisto ja siivous asetuksen aikana. Työkalujen paikat ja järjestys ovat olleet usein sekaisin, joka aiheuttaa lisäarvoa tuottamatonta hukkaa prosessissa. Muita ongelmia olivat muottilämpöjen tasauksen pitkä odotus, temperointi-letkujen yllättävät vuodot ja laatuongelmat tuotteissa.

### 7.1 Liikkuminen asetuksen aikana

Ylimääräinen liikkuminen asetusten aikana oli havaittava hukcatekijä tuotannossa. Kulkukaavio on työkalu liikkumisen seuraamiseen asetuksen aikana. Sen ideana on havainnollistaa asetusajan aikana tapahtuvan ylimääräisen liikkumisen paljoutta. Kulkukaavion antaman informaation jälkeen voidaan kehittää tuotannon järkevämpää järjestelyä ja pienentää tarvittavaa liikkumista ympäri tuotantotiloja. Toteutus tapahtui seuraamalla kahta asettajaa ja heidän asetuksiaan. Liite 1 ilmaisee koneelle 12 tehdyn muotinvaihdon. Asetukselle tehdyn tutkimuksen perusteella huomataan, että edestakaista kävelyä työkalukaappien välillä syntyy huomattavan paljon. Edestakaista liikettä eri suuntiin voitaisiin karsia paremmalla järjestyksellä tai layoutilla.

## 7.2 Asetukseen kuluva aika

Aikalaskelmassa kelloitettiin aikaa sisäisestä asetusajasta. Lisäksi kirjattiin muuttujat, kuten työvaiheet, joita ei ole listattu työvaiheissa. Asetuksissa huomasi jo alkuvaiheessa, että tulokset vaihtelivat hyvin laajasti. Tämä johtuu muuttuvista tilanteista sarjan aloituksessa, aikana ja lopetuksessa. Aikalaskelmassa selviää keskiarvo työvaiheiden kestoista kahdeksalla eri työkoneella (liite 2).

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että eniten aikaa vie muiden koneiden häiriön poistot, työkalujen etsintä ja hienosäätö. Hienosäätöjä ovat muun muassa keernan säätö ja välilevyn hakeminen toisesta koneesta, koska iskupituus muotille ei riittänyt. Keskiarvoajaksi kaikista asetuksista saatiin noin 3,5 tuntia. Keskiarvon tuloksen tarkastelussa tulee kuitenkin ottaa huomioon, että kaikissa asetuksissa ei ole tarpeen suorittaa jokaista lueteltua työvaihetta eikä asettajien tai käytönvalvojien taukoja ole huomioitu.

## 8 KEHITYSKOHDAT PROSESSIN TEHOSTAMISELLE

Ehdotukset ruiskuvalutuotannon tehostamiselle tulivat seuraavien tekijöiden pohjalta:

- havainnointi ruiskuvalu osastolla
- teorian opiskelu
- Sauen yksikön vierailu
- asettajien ja valmistuspäällikön kanssa käydyt keskustelut

Toimenpiteet jaetaan työkalujärjestelmään ja toimintatapoihin liittyviin kehityskohtiin. Työkalujärjestelmään liittyvät toimenpiteet pitävät sisällään muutoksia työkaluissa, koneen osissa, niiden sijainneissa ja paranteluissa. Toimintatapoihin liittyvät muutokset pitävät puolestaan sisällään operatiivisia muutoksia prosessin sisällä ideana virtaviivaistaa ja parantaa toimintaa eri tilanteissa ja yrittää standardoida samankaltaisia prosesseja. Niiden ideana on myös kohdentaa ja järjestää resursseja paremmin.

Tämän projektin toteutusvaiheen ajan riittävyyden vuoksi ideoista valittiin ja toimeenpantiin parhaat. Ennen toimintaosuutta esitellään vielä tarkemmin ideoitujani kehityskohteita. Joitain ehdotuksia, joita ei projektin aikana ehditty toimeenpanemaan, voidaan käyttää hyväksi myöhemmin. Osa ehdotuksista liittyy pitkäjänteiseen tiedonkeruuseen yrityksen yleiseen intraan, joka on tulossa yrityksen käyttöön vuonna 2018.

### 8.1 Työkalujärjestelmään liittyvät kehityskohdat

Työkalujärjestelmään liittyvät kehitysehdotukset liittyvät työkalujen saatavuuden ja niiden paremman toimivuuden takaamiseen. Kaikki ehdotukset ovat käyty läpi yhdessä asettajien kanssa ottaen huomioon heidän mielipiteensä.

Kehitysehdotukset pitävät sisällään kuumakanavamuottien suosimisen, temperointiin liittyvät parannukset, 5S metodiikan, muotinvaihdon automatisoinnin sekä muita käytännönjärjestelyitä.

### 8.1.1 Kuumakanavamuottien suosiminen

Kuumakanavamuotit säästävät materiaalia ja työvoimakustannuksia kylmäkanavamuotteihin verrattuna, sillä valukanavaa ei tarvitse poistaa ja laatu pysyy parempana. Muovin virtaus pysyy tehokkaana sen poistuessa sylinteristä, joka tehostaa täyttymistä ja sitä kautta ominaisuuksien säilymistä.

Jaksonajan lyhenemisen, laatukustannuksien ja käsittelyn tarpeen vähenemisen myötä kuumakanavamuotteja kannattaa harkita.

Asiakkaiden kanssa neuvottelu kuumakanavamuoteista kylmäkanavamuottien sijaan varsinkin sellaisissa tuotteissa, joissa syntyy paljon jätettä, olisi kustannustehokkaampaa pidemmässä juoksussa. Lisäksi Plastonen maine kasvaisi ympäristöystävällisyyden kautta.

### 8.1.2 Temperointikanavien ja vedenkierron tehostaminen

Temperointikanavien ja vesijärjestelmän varmempi toimiminen tulisi varmistaa säännöllisillä huolloilla ja paremmalla suunnittelulla.

Temperointikanavat ovat tärkeässä roolissa jaksonajan pituuden vaikutukseen. Näin ollen on tärkeää, että kanavat mukailisivat muottipesän muotoa mahdollisimman hyvin. Virtaus on tärkeää pitää turbulenttisena, jolloin vesi ottaa vastaan enemmän lämpöenergiaa. Kaikki nämä tekijät nopeuttavat jaksonaikaa ja asetuksaikaa, sillä muotti saadaan nopeammin ja myös pysyy paremmin tasalämpöisenä. Ajan myötä temperointikanavat kärsivät korroosiosta ja likaantuvat kalkista, kiintoaineksesta ja bakteeristosta, joka heikentää sen suorituskykyä.

Muotin toimivan temperoinnin ylläpitämiseen olisi kannattavaa puhdistaa temperointikanavat kemiallisesti säännöllisin väliajoin. Puhdistus kemiallisesti on kustannustehokkaampaa, kuin mekaanisesti poraamalla, kuten tähän asti on tehty. Kanavien puhdistamiseen soveltuvat orgaaniset hapot, kuten sitruuna- tai muurahaishappo ja epäorgaaniset hapot, kuten fosforihappo. Passivointi fosforihapolle tulisi tehdä emäksellä syöpymisreaktion pysäyttämiseksi. Muita temperointiveden laadun

ylläpitämiseen soveltuvia metodeja ovat suodattimien asentaminen vedenkiertojärjestelmän täyttövesilinjaan (5 tai 10 mikronin massapatruunasuodattimet) tai kanavan tutkiminen endoskoopilla (4-5 mm halkaisija).

Vedenkiertojärjestelmän ja temperointikanavien ylläpito voi säästää kustannuksia yllättävän paljon. Muoviplast ry:n jäsenlehden artikkelin laajan tutkimuksen mukaan vesijärjestelmän puhtaus lyhentää jaksonaikaa parhaassa tapauksessa jopa 40 % ja keskiarvallisestikin noin 15 %. (Villilä 2017.)

Lisäksi temperointilaitteiden säännöllinen auditointi on tärkeää pumpun toimivuuden testaamiseksi, jotta varmistetaan pumpun tarpeeksi tehokas tuotto. Testaamista suoritettiin opinnäytetyön aikana.

#### 8.1.3 5S-metodiikan tarkempi noudattaminen

5S metodiikkaa on selkeästi yritetty toteuttaa Plastonella jossain määrin. Puute järjestyksessä on kuitenkin havaittavissa. Järjestys työkaluille pitäisi olla parempi ja sen noudattamista helpottaisi säännöllinen auditointi. Lisäksi oikean järjestyksen malli visuaalisesti ja ohjeet työalueella auttaisivat pitämään työkalut paikallaan. 5S suunnitelman 5 pääkohtaa ovat:

1. Turhat välineet siirretään pois työkalukärrystä ja konealueelta: vähemmän käytetyt erikoistyövälineet työkalutaululle ja turhiksi luokitellut punaiselle alueelle
2. Järjestys työkaluille: selkeät rajaukset taululle ja työkaluille omat paikat kärryssä
3. Alueen yleinen puhdistus ja välineiden korjaus
4. Edellämainittujen kohtien vakiinnuttaminen
5. Sitoutuminen ja jatkuva parantaminen

Tuotannossa lattia voitaisiin jakaa alueisiin ja perustaa niille vastuutiimit.

Näissä tiimeissä aloitettaisiin 5S toimeenpano järjestyksessä.

Ensimmäisen vaiheen eli lajittelun aikana laitettaisiin punaiseen laatikkoon kaikki ylimääräinen tavara, ja jos kukaan ei kaipaa tavaraa, siirretään tavara roskasäiliöön tai muuten pois tuotannosta.

#### 8.1.4 Muotinvaihdon automatisointi (OTED)

Projektissa on pyritty parantamaan tuotantoa rationalisoinnilla. Kun nämä keinot ovat käytetty, jäljelle jää muotinvaihdon automatisointi tai osittainen mekanisointi.

Muotinvaihtoon on olemassa monia erilaisia järjestelmiä, kuten magneettipöydät ja hydraulismekaaniset kiinnityspöydät. Näin saadaan muotti vaihdettua ”napin painalluksella” ja kaikki hienosäätö jää pois.

#### 8.1.5 Muut kehityskohdat

Suuttimien kärkikappaleiden koot ovat kokeneillekin asettajille välillä epäselviä, sillä reiän halkaisijat ovat pieniä useita erikokoisia. Mittavälineet työkalukärryssä helpottaisivat oikean kappaleen löytämistä.

Vaihtoehtoisesti koot voisi merkata kärkikappaleisiin.

Kannettavat tietokoneet tuotantotiloihin olisivat Intran myötä tärkeitä, jotta dataa voidaan kerätä ja seurata. Mikäli työkalut ja välineet, kuten kiinnitysraudat, pultit, pukkarinvarret ja adapterit siirrettäisiin keskitetympään esimerkiksi muottihuollon lähetyville, voitaisiin kannettavien tietokoneiden paikat suunnata nykyisten työkalukaappien tilalle.

Ruuvipenkin kiinnittäminen työkalukärryihin toisi sen edut, että ruuvipenkki olisi nopeasti saatavilla tarvittavissa toimenpiteissä. Muotinvaihdoissa tulee yleisimmin tarvetta ruuvipenkille, kun ulostyöntäjän pää on irrotettava varresta.

Muotin vedenpoistosäiliön tarkoituksena olisi helpottaa muotin vaihdossa tapahtuvaa temperointiveden tyhjennystä. Tähän asti vesi on tyhjennetty satunnaiseen astiaan tuotannosta. Suljetun säiliön toinen etu olisi roiskumisen ehkäisy ja siisteys.

Valmiiksi kootuille tarttujille tehty oma säilytystila muottihuollon läheisyyteen ja numeroparitus muotin ja tarttujan välillä nopeuttaisi oikean tarttujan löytämistä.

Tarttujien rakentajaksi voitaisiin nimittää tietty työntekijä. Tällöin tarttujat olisi helpompi löytää muottikohtaisesti ja ne pysyisivät paremmin tallessa.

## 8.2 Toiminnalliset kehityskohdat

Toiminnalliset kehitysehdotukset ovat tuotannon toimintatapoihin liittyviä parannuksia, mitkä ovat mahdollista toteuttaa ruiskuvalusetuksen aikana, sen jälkeen tai sen aikana.

Parannusta voidaan tehdä seurantajärjestelmillä, muottihuollolle ulkoistettavilla työvaiheilla sekä värin vaihdon ja asetusvaiheiden standardisoinnilla ja rationalisoinnilla.

### 8.2.1 Seurantajärjestelmät

Projektini aikana tehtiin myös toista projektia liittyen materiaalien kierrätykseen. Tuloksista huomataan, että erityisen paljon jätettä syntyy Luisti-nimisestä tuotteesta, jonka materiaalina toimii PBT. Kävimme projektin vetäjän ja asettajien kanssa läpi syitä suurelle jätemäärälle. Syyksi ilmeni hylkääminen laatutesteissä, kun tuotteeseen on käytetty rouhittua valukanavaa. Uudelleen jauhamisen epäonnistumisen selityksenä oli väärä prosentti kierrätettyä raaka-ainetta. Tällä hetkellä ongelmaa pyritään ratkaisemaan gravimetrisellä sekoittajalla, jolla saadaan punnittua tarkemmin uudelleenrouhitun raaka-aineen suhde neitseelliseen raaka-aineeseen.

Kierrätysprojekti piti sisällään paljon dataa muovijätteistä noin kymmenen viikon ajalta. Työstä kävi ilmi, että laskennalliset hukkaprosentit olivat vain hieman yli kolmasosan tuotteista kohdalla paikkaansapitäviä.

Seurantasysteemiä ei toteuteta tällä hetkellä ja sitä olisi hyvä jatkaa punnitsemalla jätteet ja kirjaamalla ne heti järjestelmään. Näin pysytään ajan tasalla ja nähdään jätteiden määrät aloituksessa, tuotannon aikana ja tuotannon päätteeksi. Tuloksista voidaan havaita indikaattorit, kuten jäte suhteessa myytyyn tuotantoon, todellinen hukkaprosentti, taloudellinen merkitys ja missä vaiheessa tuotantoa jäte syntyy.

Toinen parannettavaa seuranta kaipaava tekijä on tuotannon seuranta, joka pitää sisällään todellisen koneiden käyntiasteen, tuotteiden saannon ja työntekijöiden työajan. Tarkempi data näistä kaikista auttaisi esimerkiksi OEE luvun laskemista, joka ilmaisee tuotantokoneiden kokonaistehokkuuden. Näin tiedostettaisiin myös kokonaistehokkuutta heikentäviä osatekijöitä entistä paremmin. Kokonaistehokkuus muodostuu käytettävyydestä, tehokkuudesta ja laadusta eli se on näiden kaikkien tulo.

### 8.2.2 Muottihuollolle ulkoistettavat työt

Muottihuollolle tehtävä lista tarvittavista välineistä nopeuttaisi muottikohtaista tarvikkeiden saantia koneelle, koska muotinhooltaja voisi liittää muottiin valmiiksi ulostyöntäjän varren, suuttimen kärkikappaleen ja ohjausrenkaan. Monimutkaisemmissa temperoinneissa, ja kun muotin koneella ei ole orsia, voitaisiin letkut kiinnittää jo muottihuollossa.

Muottihuollon lähelle tulisi viedä tarvittavat työkalut.

Kun edellämainitut toimenpiteet saataisiin toimimaan, voitaisiin ideaa jatkojalostaa muottikärryllä. Se olisi kuljetin, johon saa mukaan asetuksissa tarvittavat välineet: itse muotti, letkuja, muotille oma tarttuja. Vaihtoehtoisesti liikkuvaan työkalukärryyn voitaisiin tehdä enemmän tilaa.



### 8.2.3 Värin vaihdon tehostaminen

Alasajon tekeminen oikein on avain nopeampaan aloittamiseen uudessa sarjassa. Tuotannossa on tällä hetkellä käytössä erilaisia alasajon toteuttamiseen käytettäviä ohjeita, mutta yleispätevä ohje (liite 4) jokaiselle koneelle auttaisi sen suorittamista. Toimintamalli tehostaisi myös ruuvien puhdistamista.

Ruuvia voitaisiin puhdistaa mekaanisesti nopeammin, mikäli huomataan, että puhdistusaineella puhdistaminen ei auta. Omat ruiskutusyksiköt kirkkaille materiaaleille eliminoisivat tarpeen puhdistaa korkealla lämpötilalla ajettavia hankalia muovimateriaaleja pois ruiskutusyksiköstä. Lisäksi tuotannonsuunnittelua voitaisiin kehittää siten, että tietyt raaka-aineet ja värit ajettaisiin vain tietyillä koneilla tai keskitettäisiin jollakin tasolla.

### 8.2.4 Asetuksen toimintojen tehostamissuunnitelma

Uusi asetusjärjestys, jonka pääpainona on suorittaa ulkoinen asetus ennen sisäistä asetusta, parantaisi sisäisen asetusajan tehokkuutta. Tällä hetkellä tuotannossa ei ole tarvetta täydelle konekapasiteetille tilausten määrän vuoksi, vaan osa koneista on seisonnassa joka tapauksessa. Uusi toimintamalli kuitenkin auttaisi suoriutumista ja parantaisi koneiden kokonaistehokkuutta pidemmällä tähtäimellä. Samanaikaiset työtehtävät toisen asettajan tai esiasettajan kanssa nopeuttaisivat suorittamista työvaiheissa, kuten muotin kiinnittäminen.

Uudessa asetustoimintamallissa hyödynnettäisiin teoriaosuudessa mainittua SMED metodiikkaa. Uuden asetustoimintamallin (liite 3) tavoite on vähentää sisäistä asetusaikaa alkuperäisestä noin kolmesta ja puolesta tunnista noin tuntiin ja 15 minuuttiin. Kokonaisaika asetukseen ulkoinen asetus aika mukaan laskettuna olisi tällöin noin kaksi tuntia ja 20 minuuttia.

### 8.2.5 Asetusapulista

Asetusapulistan avulla pystyttäisiin virtaviivaistamaan asetukseen liittyviä toimintoja. Asetusta nopeuttavia esimerkkejä ovat materiaalinkäsittelylaitteiden valmistelu oikean värin valmistelemiseksi tai oikean raaka-aineen järjestämiseksi etukäteen. Myös viivästyksen aiheuttaneita toimintoja parannettaisiin entisestään asetuslistajärjestelmän avulla analysoimalla kertynyttä informaatiota.

Asetusapulista pitäisi sisällään tiedot:

- Ohjausrenkaan halkaisija
- Letkujen määrät ja koot
- Ulostyöntövarren maksimipituus
- Sylinterin kärkikappaleen halkaisija
- Kiinnitysrautojen pulttien koot

Ohjausrenkaita tai kiinnittimiä on vaihdettava usein. Mittaamisen ja etsimisen sijaan voitaisiin säästää merkittävästi aikaa luetteloimalla listaan varaosien tekniset tiedot ja keräämällä ne asetukseen mukaan etukäteen. Esimerkiksi pultit ja ruuvit voivat olla liian pitkiä tai lyhyitä, mikä aiheuttaa liiallista kiristämistä tai turhaa vaivaa pidemmän lyötämiseen. Hyväksyttävän pituuden mittaaminen olisi yksi askel kyseisen muotin asetusohjeiden luomisessa.

## 9 TOIMEENPANO

Tässä luvussa esitellään tuotannon työntekijöiden ja valmistuspäällikön kanssa käytyjen parhaiden ja ajallisesti mahdollisten ehdotusten toimeenpano, joita pilotoitiin projektin aikana. Toimeenpano tapahtui projektin viimeisessä vaiheessa ja osa toteutuksesta jatkuu opinnäytetyön ulkopuolella.

### 9.1 5S-järjestelmän käyttöönotto tuotantosolussa

5S-järjestelmän implementoinnissa valittiin kaksi konetta (koneet 4 ja 5) soluksi, jossa suoritettiin työalueen siistiminen ja työkaluille määritettiin omat paikat. Tämän lisäksi yhteen työkalukärryyn asennettiin ruuvipenkki (kuva 1), jotta asetuksen aikana ei tarvitse poistua konealueelta sen käytön vuoksi. Lisäksi ruuvipenkkiin kiinnitettiin alumiiniset leuat, jotta sen omat karhennetut pinnat eivät vahingoittaisi ulostyöntövarsia. Huomiota tulee kiinnittää työkalukärryjen järjestykseen. Työkalukärryn päälinen tulee pitää siistinä, jotta ruuvipenkin käyttö onnistuu ja tavarat pysyvät muutenkin omissa lokeroissaan.

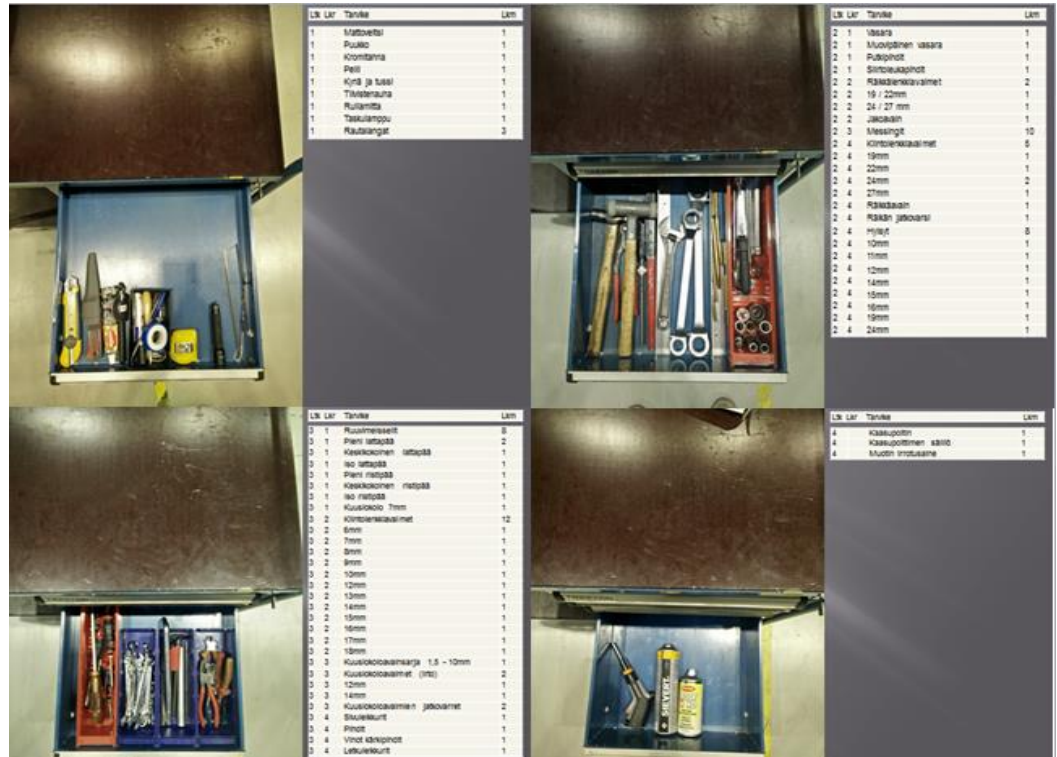


KUVA 1. Ruuvipenkki työkalukärryssä

Alueelle hankittiin työkalutaulu, johon asetettiin roikkumaan seuraavat erikoistyökalut:

- Lyöntiavaimet
- Lenkkiavaimet
- Jakoavain
- Vesivaaka
- Isot siirtoleukapihdit
- Orsiavain
- 2kg leka

Työkalutauluksi valittiin tilaan sopiva koko, johon voidaan tarvittaessa laajentaa lisää työkalupaikkoja edellä mainitujen tarpeiden lisäksi. Myös liikkuvan työkalukärryn järjestys parannettiin karsimalla ylimääräiset tavarat pois ja asettamalla ne omille paikoilleen. Työkalukärryn järjestyksestä ja sen työkalulistasta (kuva 2), työalueesta (kuva 3) ja työkaluseinästä (kuva 4) otettiin kuvat, jotka pantiin esille. Kuvien mukaista järjestystä tulisi noudattaa jatkossa. Jotta työkalut löytäisivät takaisin paikalleen, tehtiin varjostus työkalutaulun jokaiselle työkalulle ja merkittiin työkalut yhtenäisellä merkintätavalla. Yleispätevät ohjeet siisteyden ylläpitämiselle lisättiin myös konealueelle.



KUVA 2. Työkalukärryn järjestys



KUVA 3. Pilottisolun työalue järjestyksessä



KUVA 4. Pilottisolun erikoistyökalutaulu

5S järjestelmä vaatii toimiakseen sitoutumista sekä johdolta, että työntekijöiltä. Sen aikaansaamiseksi voidaan käyttää seurantajärjestelmää, jonka pitkäaikainen data esitetään tuotannon infotauluilla tai näytöillä. Taulukossa 3 on Plastonelle kehitetty esimerkki järjestelmän seurantalomakkeesta.

TAULUKKO 3. 5S arviointilomake

5S Arviointilomake									
Työalue:			Ohje: Arvionti 5 kertaa (merkitse päivämäärä) 1 = "välttävä" 3 = "keskiverto" 5 = "erinomainen"						
5S Vaihe	Kuvaus	Tavoitteet	Arvosana					Seuraavat vaiheet	
Arvioinnin päivämäärä									
Lajittelu (Seiri)	Oikeat materiaalit ovat käytettävissä ja kaikki tarpeeton poistetaan	- Käyttämättömät työkalut paikallaan - Käytävillä esteetön kulku - Ylimääräiset tavarat pois työalueelta - Ei vanhentuneita ohjeita							
Järjestys (Seiton)	Kaikelle on paikkansa ja kaikki on paikallaan	- Hyllyjen / säilytyspaikkojen merkkaukset - Lattiateippaukset osoittavat tavaroiden paikan - Työkalujen sijainnit merkattu - Ylimääräiset tavarat eivät jää pyörimään							
Puhtaus (Seiso)	Puhtaus ja yleinen siisteys	- Laitteet ovat puhtaita ja käyttökuntoisia - Pihuat ovat siististi eivätkä roiku - Siivousvälineet ja tarvikkeet ovat saatavilla - Tasot ovat puhtaat							
Standardointi (Seiketsu)	Suuntaviivoja ja käytäntöjä laaditaan kolmen ensimmäisen vaiheen ylläpitämiseksi	- 5S toiminnot ja sijainnit ovat selkeästi kuvattu - Tarkastuslomakkeiden ja listojen seuranta - 5S aikataulu & vastuut ovat selkeät - Tavaroiden määrät merkattu							
Ylläpito (Shitsuke)	5S on muodostunut tavaksi	- Valvonta käytännölle - Vastuullisuus 5S käytännölle - 5S tulokset ovat näkyvillä - Työntekijät ovat 5S-koulutettu							
Yhteispistemäärä			0	0	0	0	0	JS/7.11.2017	

JS/7.11.2017

Työntekijöiden palkitseminen saavutetusta 5S pisteytyksestä myös nostaisi motivaatiota pitää paikat siistinä ja toimintakunnossa. Järjestys toisi myös etua siinä mielessä, että yritys näyttäisi paremmalta asiakkaan silmissä.

## 9.2 Temperointiveden tyhjennyssäiliö

Edellisen muotin vaihdon yhteydessä on tähän asti käytetty satunnaista tuotantotilasta löytyvää säiliötä temperointikanavan tyhjentämiseen. Tähän tarkoitukseen valmistettiin vedenpoistosäiliö (kuva 5), jonka saa liitettyä suoraan letkulla muotin poistoliittimieen. Vedenpoistosäiliön letku varustettiin kahdella erikokoisella pikaliittimellä, sillä muoteissa on pieniä ja isoja liittimien vastakappaleita. Säiliölle määritettiin ja merkattiin myös oma paikka työkalukaapin viereen.



KUVA 5. Temperointiveden tyhjennyssäiliö



### 9.3 Muottihuollolle ulkoistettavat asetuksen työvaiheet

Muottihuollolle kerättiin ruiskuvalukonekohtaista informaatiota, jotta esivalmistelu muotille voitaisiin aloittaa jo siinä vaiheessa, kun muotti on muuten valmiina asetuksen aloittamiseen. Taulukosta selviää johteiden vapaaväli, ohjausrenkaan halkaisija, maksimi muottipaksuus, maksimi ulostyöntömatka, ulostyöntövarren pituus ja keernojen lukumäärä. Tavoitteena oli vähentää sisäistä asetusaikaa tekemällä ulkoinen asetus jo koneen käydessä. Muottihuollon työtaakka ei ole liian suuri, joten ulkoistus voidaan toteuttaa.

Haasteena oli kerätä tieto kaikista ulostyöntäjän varren maksimi-pituuksista, sillä mittausta ei voida suorittaa koneen käydessä. Mittaustulokset on mitattu koneen lukituskappaleesta kiinteään muottipöydän tasalle. Ulostyöntäjien varsien pituuksien keräys toteutettiin siten, että jokaiselle koneelle kiinnitettiin kuvan 6 mukainen huomautus pituuden ylöskirjaamisesta vaihdon yhteydessä.

MITTAA ULOSTYÖNTÖVARREN MAKSIMIPITUUS  
KONEEN LUKITUSKAPPALEESTA MUOTIN  
VAIHDON YHTEYDESSÄ  
(Tietoa käytetään jatkossa hyväksi muotinhuollossa ©)

KONENUMERO: 5

ULOSTYÖNTÖVARREN MAKSIMIPITUUS:  
195 mm

KIITOS!

KUVA 6. Ulostyöntövarren maksimipituuden mittausslomake

Päätypalojen pituudet ja lukituspuolen pituudet ja kierteet voivat vaihdella eri koneissa. Etenkin Engelin koneissa ulostyöntäjävarren pituus saattaa vaihdella, mikä tulee ottaa huomioon toimeenpanossa.



## 10 YHTEENVETO

Tavoitteena oli tutkia mahdollisuuksia asetusajkojen lyhentämiseen ja raaka-ainehävikin minimoimiseen. Opinnäytetyön kuluessa huomasin aiheeni olevan hyvin laaja ja monimuotoinen, sillä ruiskuvaluprosessin tehostamiseen on monia mahdollisuuksia. Projektin edetessä tein rajaukset, joihin syvennyn ajankäytön tehokkuuden maksimoimiseksi.

Nykytilan kartoituksessa saadut tulokset antoivat pohjaa projektin kehitysideoinnille. Työvaiheiden syvälinen tarkastelu ja jakaminen osiin, minkä jälkeen suoritettu aikalaskelma yhdessä kulkukaavion kanssa, toivat esille tuotannon pullonkaulat. Tarkka datan kerääminen erilaisista ongelmista käytännössä antoivat minulle konkreettiset kohdat, joihin tarttua ja hyödyntää teoriaosuudessa käytyjä aihealueita. Koen projektin onnistuneen hyvin, sillä ruiskuvalutuotannon hidastavat tekijät löydettiin ja jaettiin sisäiseen ja ulkoiseen asetusajaan, minkä jälkeen alkoi virtaviivaistuksen osittainen implementointi. Aikaan nähden sain aikaiseksi myös paljon käytännössä suoritettuja parannuksia.

Ruiskuvalutuotannon tehostamiseen voidaan vaikuttaa työvaiheiden rationalisoinnilla, koeajojen parantamisella tai kehittyneillä automaatio tai-mekanisointijärjestelmillä. Sopivia automaatiojärjestelmiä yritykselle tulevaisuudessa voisivat olla esimerkiksi vihivaunut eli itseohjautuvat kuljetusvaunut, joilla saadaan muotit kuljetettua nopeasti ja vaivattomasti koneelle, sekä magneettiset muottipöydät, joilla puolestaan saadaan muotti helposti kiinni koneeseen. Tässä työssä keskityttiin enimmäkseen rationalisointiin, eli työvaiheiden kehittämiseen, uudelleenjärjestelyyn sekä SMED- ja 5S-metodiikkoihin. Ideoita tuli enemmän, kuin niitä ehdittiin toteuttamaan, ja tulokset ulottuvat projektin ulkopuolelle. Suunnitelmia voidaan toteuttaa myöhemmin, sillä hidastavia tekijöitä paikannettiin laajasti.

Varauksella voidaan todeta teoriassa tehdyn arvion perusteella, että suunnitelman mukaan asetusajaa voitaisiin vähentää noin kolmasosalla, joka toisi säästöjä kuluissa huomattavasti, vaikka konekapasiteetti ei olisi

täysin kuormituksessa. Raaka-ainehävikin vähentämiseksi saatiin ideoita liittyen värin vaihtoon. Näiden toimenpiteiden toteutus jäi kuitenkin vähemmälle toistaiseksi. Parannusta on ensisijaisesti haettava koeajojen optimoinnilla ja värinvaihdon oikealla toteuttamisella hyväksikäyttäen oikeita puhdistusmateriaaleja ja menetelmiä. Lisäksi muotinsuunnittelussa jäähdytyskanavien, kuumakanavien, keernojen sekä ilmanpoistojen oikeanlainen rakenne takaa sulassa tilassa olevan muovin reologiset ominaisuudet ihanteelliseksi. Toisinsanoen materiaali ei jää jumiin aiheuttaen myöhemmin irrotessaan poikkeamia tuotteen laadussa ja lämpö pysyy tasaisena. Tällöin hukkaprosentti luonnollisesti pienenee.

Tuotannon tehostamisprosessin menestymisen varmistamiseksi sen on lähdettävä organisaation lattiatasolta, ja jatkuvan kehityksen pyrkimyksen on toimittava yrityksen kaikilla tasoilla. Määrätietoisuus on välttämätöntä pyrkimykselle kohti joustavampaa ja tehokkaampaa tuotantoa.

## LÄHTEET

Järvelä, P., Syrjälä, K. & Vastela M. 2000. RUISKUVALU. 3. painos. Tampere: Plastdata Oy. Keranova AB.

Koistinen. 2014. Monipesäisen ruiskuvalumuotin validointi. [viitattu 17.11.2017.] Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/71291/Koistinen\\_Veli\\_Matti.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/71291/Koistinen_Veli_Matti.pdf?sequence=1)

Kurri, V., Malén, T., Sandell, R. & Virtanen, M. 2002. Muovitekniikan perusteet. 3. tarkistettu painos. Helsinki: Opetushallitus.

Mindtools. 2017. The Plan-Do-Check-Act Cycle. [viitattu 6.11.2017.] Saatavissa: [https://www.mindtools.com/pages/article/newPPM\\_89.htm](https://www.mindtools.com/pages/article/newPPM_89.htm)

Opetushallitus. 2017. Tuottava tehdas. [viitattu 17.10.2017]. Saatavissa: [http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/tuottavatehdas/kuvat/7\\_8.gif](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/tuottavatehdas/kuvat/7_8.gif)

Pesola, A. 2012. 5S-ohjelman soveltaminen leikkuupuimurien valmistuksessa [viitattu 25.9.2017]. Saatavissa: <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/88976/AriPesoladiplomity%C3%B6B6.pdf?sequence=1>

Plastone Oy 2017. Yritys. [viitattu 5.10.2017]. Plastone Oy. Saatavissa: <http://www.plastone.fi/www/yritys/>

Shingo, S. 1984. Japanilainen tuotantoajattelu. Helsinki: Suomen metalliteollisuuden keskusliitto

Shingo, S. 1985. A Revolution in Manufacturing. The SMED System. English translation copyright 1985 by Productivity, Inc. Cambridge: Productivity Press.

Shingo, S. 1989. A study of the Toyota Production System. Cambridge: Productivity Press.

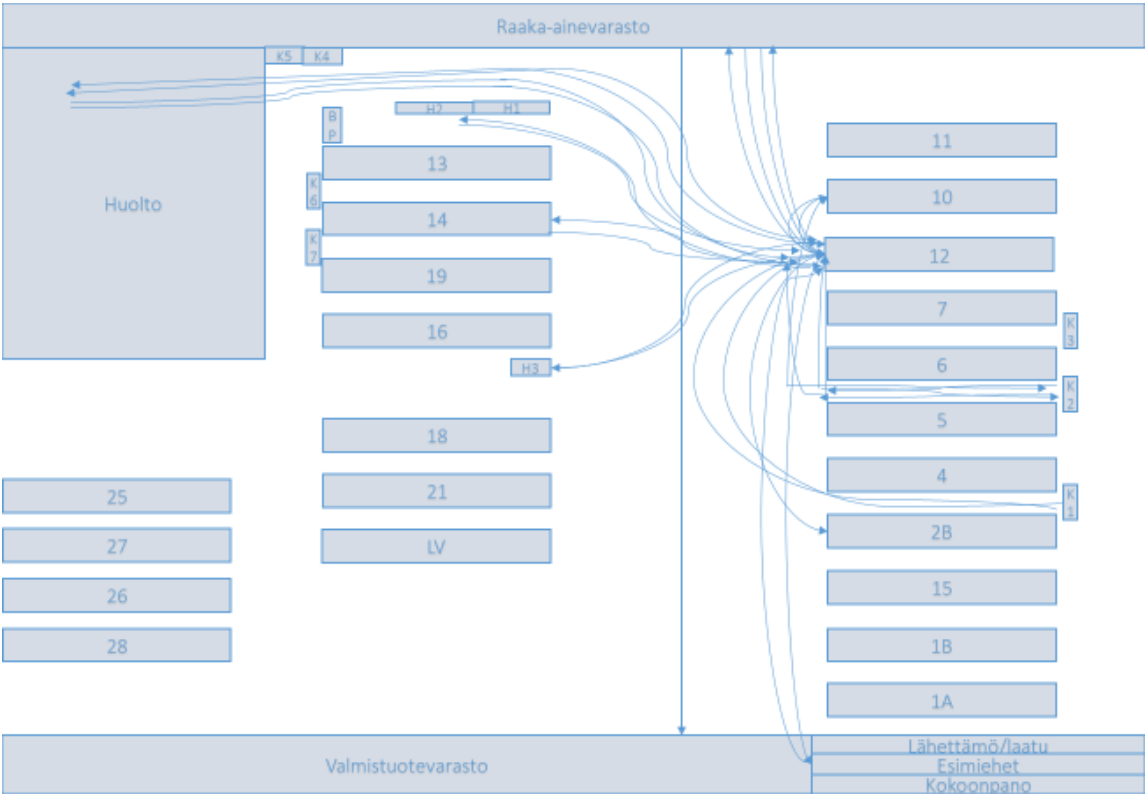
Shingo, S. 1996. Quick Changeover for Operators. The SMED System. English translation copyright 1996. Cambridge: Productivity, Inc.

Technical Committee ISO/TC 61, Plastics. 2005. ISO 1133:2005. [viitattu 24.10.2017]. Saatavissa: <http://211.67.52.20:8088/xitong/BZ%5CISO-1133-2005.pdf>

Villilä. 2017. Muovitehtaan tehokkuus ja laatu: Jäähdytysellä on väliä. Lahti: Muoviplast Oy

LIITTEET

LIITE 1 Kulkukaavio aloitustilanteessa



## LIITE 2 Sisäinen asetusaika aloitustilanteessa



## LIITE 3 Asetuksen tavoitteet

Kohta	Tehtävä	Ideaali prosessityyppi	Asettajien määrä/muutos	Tavoiteaika	Esiasettaja	Asettaja
1	Työkalujen ja tarvikkeiden hakeminen paikalle (asetuslistan avulla)	Ulkoinen	1 / Muutetaan ulkoiseksi	5	1	2
2	Kuumakanavasäätimen hakeminen	Ulkoinen	1	2		
3	Kuljetushihnan toimittaminen koneelle	Ulkoinen	1 / Muutetaan ulkoiseksi	5		
4	Myllyn valmistelu ja puhdistus	Ulkoinen	1	10		
5	Tarttujan asennus manipulaattorille	Ulkoinen	1	5		
6	Konealueen siivous	Ulkoinen	1 / Muutetaan ulkoiseksi	5		
7	Muotin irrotus	Sisäinen	1 + 2 riippuen tilanteesta	5		
8	Muotti huoltoon	Sisäinen	2	2		
9	Muotti huollosta	Ulkoinen	2 / Muutetaan ulkoiseksi	2		
10	Muotin kiinnitys koneeseen	Sisäinen	1 + 2 riippuen tilanteesta	5		
11	Kuumakanavasäätimen asetus	Sisäinen	2 / Tehdään mahdollisimman pian	5		
12	Ulostyöntäjän asennus	Ulkoinen	2 / Asennus huollossa etukäteen	2		
13	Etäisyysarvojen asetus muotille	Sisäinen	2	5		
14	Temperointiletkujen vuoto-ongelma	Ulkoinen	Letkut tarkastetaan huollossa ja korjataan tarvittaessa	N/A		
15	Temperointiletkujen asennus	Ulkoinen	1 + 2 / Osittain esiasennus, selkeämpi liittäminen	5		
16	Nokan vaihto	Sisäinen	2 / Koko merkattu muottiin tai asetusohjeeseen	10		
17	Ruiskutusyksikön puhdistus	Sisäinen	2 / Tarkastetaan, että pehmeiden seassa ei likaa	10		
18	Raaka-aineen ja värin kytkentä	Ulkoinen	1 / Muutetaan ulkoiseksi, jos mahdollista	10		
19	Robotin ohjelma tarttujalle	Sisäinen	2	5		
20	Kuljetushihnan asennus	Ulkoinen	1 / Tarkistetaan kunto etukäteen ja viedään paikalleen	2		
21	Granulaattorin asennus	Ulkoinen	1 / Muutetaan ulkoiseksi	10		
22	Prosessiparametrien asetus	Sisäinen	2	10		
23	Raportointi lomakkeelle/Intraan	Ulkoinen	2	5		
24	Väärin ohjelmien poissulkeminen	Ulkoinen	2	N/A		
25	Koeiskut ja hyväksyttäminen	Sisäinen	2	15		
			Sisäinen asetusaika yhteensä	72		
			Sisäinen ja ulkoinen asetusaika yhteensä	140		
	<b>Huomioit</b>					
1	Kirjataan muotihuollon esiasetuslistaan (liite 6) koneen tiedot					
2	Suoritetaan, jos erillinen säädin					
3	Tarvittaessa myös puhdistaminen					
4	Huolellinen puhdistus, ettei myllyyn jää edellistä raaka-ainetta tai muuta, suodattimen tarkistus					
5	Tarttujille rakennetaan oma seinä tai pidetään nykyinen hylly paremmassa järjestyksessä					
6	5S kuvat ja järjestys					
7	Korkeussäädettävä kuljetin, jossa voisi olla myös säilytystilaa tarvikkeille					
8						
9						
10	Esiasettaja avustaa koneen toiselta puolelta kiinnittimisä, temperoinnissa ja liittimisä					
11	Lämpenemisajat vievät aikaa, joten tärkeää olisi saada kuumakanava mahdollisimman pian halutuksi, esilämmitys vaihtoehto?					
12	Maksimipituus merkattu muotihuoltolistaan (liite 6)					
13						
14	Tarkastetaan, ettei laatikostossa ole rikkinäisiä letkuja säännöllisesti ja liittimien voitelu					
15	Muotihuollossa, mikäli mahdollista. Kiinteät letkut pidetään kiinni, ellei koneessa ole orsia tiellä muotin asennuksessa					
16	Nokat merkattu tai lukee työmääräimessä					
17	Punnitaan oikea värimäärä ja kytketään värisekoittaja tarvittaessa, työmääräimeen voitaisiin lisätä QR-koodi oikean värin takaamiseksi					
18	Alasajon toteuttamisohteet (liite 5) parantavat tämän vaiheen suorittamista ja päästään varmuudella ajamaan vain pehmeät pois ruuvista					
19	Robotin ohjelmille tarkat nimet muistissa ja ylimääräisten ohjelmien poistaminen					
20	Tarkastetaan, että hihna on puhdas					
21	Granulaattori viedään paikalleen ajoissa ja kytketään ruiskuvalukoneen nieluun vasta kun materiaali on puhdasta					
22						
23	Poissuljetaan toimimattomiksi tai päällekkäisiksi todetut parametriohteet					
24	Tavoitteena yksi levyke / paremmassa tapauksessa muistitikku per tuote ja ruiskuvalukone					
25	Kiinnitetään huomiota parametrien vaikutuksiin ja kirjataan ylös, myöhemmin kuvia Intraan. Kuvanmuokkausohjelmalla merkataan poikkeamat.					
	Enkoistustyökaluille oma paikka keskelle hallia					
	Työkalukärryn järjestys					

#### LIITE 4 Alasajo-ohje

- 1) Raaka-ainesykloni kytketään pois päältä.
- 2) Tyhjennetään raaka-ainesykloni.
- 3) Ajetaan ruuvi tyhjäksi.
- 4) Vaadittava puhdistusaine annostellaan raaka-aineensyötölle.  
Edellisen ja seuraavan sarjan materiaalit määrittävät puhdistusaineen.
- 5) Suoritetaan puhdistusajo huolella ja oikeilla lämmöillä tarvittaessa useaan kertaan.
- 6) Lämmöt pudotetaan ruiskutusyksikön sylinteristä ja kuumakanavasta.
- 7) Lämpöjen pudotessa tarkistetaan koneen yleinen kunto ja siivotaan alue.
- 8) Ruiskuvalukoneen pumpun ja vesikierron hanojen sulkeminen, jos kone jää pidemmäksi ajaksi seisontaan.